

Phyt.

638

π

Thyft.

838 n.

<36618193630011

<36618193630011

S

Bayer. Staatsbibliothek

Diese Tafel fehlt demmalen noch.

Jun. 1824

$\frac{c}{m}$

Ueber den

Kreislauf des Saftes

im

Schöllkraute und in mehreren andern
Pflanzen

und

über die Assimilation des rohen Nahrungstoffes in
den Pflanzen überhaupt

Mikroskopische Beobachtungen und
Entdeckungen

von

Dr. Carl Heinrich Schultz.

Mit einer Vorrede

des Herrn Professor's Dr. Link

und

einer illum. Kupfertafel.

Berlin, 1822.

Bei Ferdinand Dümmler.

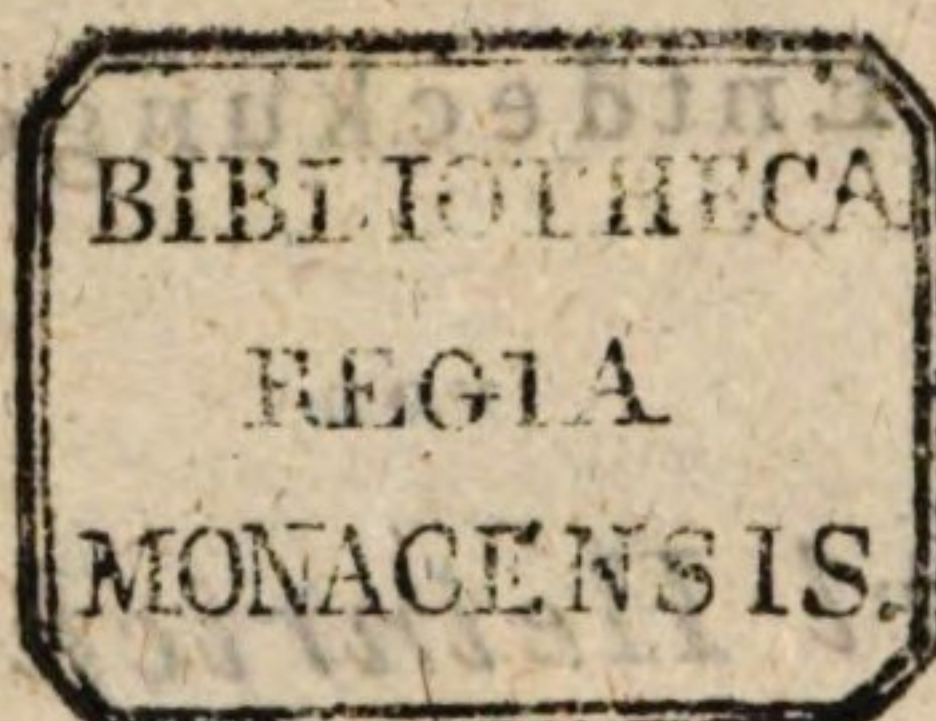
22 D.

Kreislauf des Saftes

Schleimstoffe und in mehreren andern
Pflanzen

über die Assimilation des rohen Nahrungstoffes in
den Pflanzen überhaupt

Was da lebt das bewegt sich selbst durch seine eigene innere Macht,
und nur das Tode wird durch fremden Anstoss von aussen bewegt.



Mit einer Vorrede
des Herrn Professor Dr. Link
einer ihm. Kupferstich.

Berlin 1833
Bei Ferdinand Dümmler

Dem Herrn

Dr. Johann Görcke

Königlich Preussischen General-Stabs Arzte und Chef des Militair-Medicinal-Wesens der Armee, Geheimen Ober-Medizinal-Rathe, Direktor des medizinisch-chirurg. Friedrich Wilhelms-Instituts, Ritter des rothen Adlerordens 2ter Classe, des eisernen Kreuzes etc., mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitglieder und Correspondenten u. s. w.

seinem würdigen Chef und Führer auf der academischen Bahn,

Dem Herrn

Dr. Johann Götche

Königlich Preussischen General-Stabs Arzte und Chef des Militär-Medicinal-Wesens der Armee, Geheimen Ober-Medicinal-Rathe, Director des medicinisch-chirurg. Friedrich-Wilhelms-Instituts, Ritter des rothen Adler Ordens, des ersten Kreuzes etc., mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitglied und Correspondenten u. s. w.

seinem würdigen Chef und Führer auf der akademischen Bahn

Dem Herrn

Dr. K. A. Rudolphi

Königlich Preussischen Geheimen Rathe, ordentlichen öffentlichen
Professor und zeitigem Decane der medizinischen Facultät an
der Universität zu Berlin, Direktor des anatomischen Museums,
Ritter des rothen Adlerordens, vieler gelehrten Gesellschaften
Mitgliede und Correspondenten u. s. w.

seinem verehrungswürdigen Lehrer, welcher sein
Leben der Erforschung der Natur geweiht hat,

Dem Herrn

aus Liebe und Dankbarkeit

Königlichen Preussischen Geheimen Rathes, öffentlichen öffentlichen
Professor und zeitigen Decane der medizinischen Facultät an
der Universität zu Berlin, der anatomischen Museum,
Ritter des rothen Adlerordens, vieler gelehrten Gesellschaften
Mitgliede und Correspondenten u. s. w.

zugeeignet

seinem verehrungswürdigen Lehrer, welcher sein
Leben der Erforschung der Natur geweiht hat,

von

dem Verfasser.

Vorrede.

Schon im Jahre 1774 machte Corti bekannt, daß er in der *Chara flexilis*, und in einigen andern Arten der Gattung *Chara* einen Umlauf der Säfte entdeckt habe. Der Stamm dieser Wasserpflanzen erscheint hohl; in dem Zwischenraume zwischen zwei Knoten steigt die Flüssigkeit an der einen Seite in die Höhe und an der andern nieder. Jeder Zwischenraum hat seinen Umlauf für sich, verschieden von dem Umlaufe in den andern daneben befindlichen Zwischenräumen. Corti vermuthete eine zarte Haut zwischen beiden Strömen, dem aufsteigenden und dem absteigenden, weil sich sonst nicht einsehen liefs, wie zwei Ströme neben einander ohne sich zu stören, Statt finden könnten und es gelang ihm, die Gefäße, welche den Saft enthalten, durch scharfe

Mittel zusammen zu ziehen und dadurch sichtbar zu machen.

Es verflossen viele Jahre, ehe diese Beobachtung bekannt und wiederholt wurde, ja sie ist noch in den neuesten Zeiten für unrichtig gehalten und Täuschung genannt worden. Herr Treviranus in Breslau, vormals in Rostock, wiederholte sie, so viel ich weiß, zuerst in Deutschland mit Erfolg und ich hatte Gelegenheit mich von ihrer Richtigkeit bei demselben im Jahre 1814 zu überzeugen. Früher schon und im Sommer desselben Jahres hatte derselbe sie Herrn Horkel in Berlin mitgetheilt. Oft habe ich seitdem den Kreislauf in jener Pflanze gesehen, und nicht versäumt, meine junge Umgebung auf die Wichtigkeit der Entdeckung aufmerksam zu machen.

Da der Saft der *Chara* ganz durchsichtig ist, so würde man den Umlauf desselben in der Pflanze, besonders unter einem zusammengesetzten Vergrößerungsglase nicht wahrnehmen können. Aber er ist mit kleinen Körnern erfüllt, deren schwimmende Bewegung das Forttreiben des Saftes deutlich bezeichnet.

dem Verfasser.

Der Verfasser der gegenwärtigen Schrift ist ein Zögling des Friedrich Wilhelms Instituts für Militair-Wundärzte, und ein neuer Beweis für die Zweckmäßigkeit dieses Instituts zur wissenschaftlichen Bildung junger Männer. Er ist nicht der erste junge Mann, dessen Ausbildung in diesem Institut ich mit Vergnügen sah, sondern ich habe deren eine Menge bereits kennen gelernt.

Der Verfasser versuchte es den Umlauf der Flüssigkeit in den Pflanzen mit gefärbtem Saft so zu untersuchen, wie man den Umlauf des Bluts in den Schwimmhäuten der Frösche und in andern Theilen von Amphibien und Fischen zu untersuchen pflegt. Er wählte das Schöllkraut (*Chelidonium majus*) und entdeckte darin einen ähnlichen Kreislauf wie Corti in der *Chara* gesehen hatte; der Saft strömt in einem der beiden großen Gefäße, welche an den Seiten eines Holzbündels liegen, aufwärts, in dem andern in einer entgegengesetzten Richtung. Die Ausführung dieser und anderer Beobachtungen wird man in der Schrift nachlesen können. Der Verfasser betrachtete zuerst die Gegenstände mit einem

sehr mittelmäßigen Vergrößerungsglase — es ist nicht das erste Mal, daß sehr gute Beobachtungen mit sehr schlechten Instrumenten gemacht wurden — aber im stärksten Sonnenlichte. Seitdem sich Batsch in neuern Zeiten durch blendendes Sonnenlicht täuschen liefs, in allen organischen Körpern geschlängelteres Gewebe zu finden, vermieden die Beobachter im blendenden Sonnenlichte mikroskopische Untersuchungen anzustellen. Es ist in der Regel daß sich junge Männer über Vorsichtsmaafsregeln wegsetzen, welches zuweilen den Wissenschaften nützlich gewesen ist.

Der Verfasser erzählte mir seine Beobachtungen, und wir brachten manche Stunden zusammen zu, sie zu wiederholen. Ich habe sie seitdem oft für mich angestellt, und bin von der Hauptsache völlig überzeugt worden. An den Kügelchen im gefärbten Saft der Pflanzen, welche man füglich mit den Blutkügelchen nach Rafn vergleichen kann, erkennt man das Fortströmen des Saftes, aber die Kügelchen haben aufser dieser allgemeinen fortströmenden Bewegung auch eine be-

sondere, welche allerdings mit dem Anziehen und Abstoßen eines Haufens elektrischer Körper übereinstimmt. Das plötzliche Stillstehen des Saftes, nachdem das abgeschnittene Pflanzenstück eine Zeitlang unter dem Vergrößerungsglase gelegen hat, wenn das Sonnenlicht noch eben so stark ist, als vorher, zeigt deutlich, daß keine Täuschung Statt findet. Hat man die Bewegung einige Mal gesehen, so erkennt man sie auch wieder ohne Hülfe eines starken Sonnenlichtes. Es ist die Absicht dieser Vorrede die Beobachtungen des Verfassers durch ein Zeugniß zu bestätigen, und ich darf meinen Freund Rudolphi ebenfalls als einen Zeugen nennen, welcher sich von der Richtigkeit der Untersuchungen des Verfassers überzeugt hat. In solchen Fällen, wo es allein auf die Thatsache ankommt, können Zeugnisse und mithin Vorreden von Nutzen seyn, wenn sie auch fast in den meisten Fällen überflüssig seyn möchten.

Was der Verfasser von der Function der Spiralgefäße in den Pflanzen gesagt hat, mag der Leser selbst beurtheilen. Dieser Gegenstand ist einer der schwierigsten in der Phy-

siologie der Pflanzen, wie die Mannigfaltigkeit der Meinungen über diesen Gegenstand und das lobenswerthe Schwanken der Schriftsteller in dieser Rücksicht zeigt. Denn eine Meinung zu fassen ist leicht, sie zu verlassen, sehr schwer. Es bedarf indessen noch mancher Versuche und Beobachtungen, um hierüber zu entscheiden.

Berlin den 24. September 1821.

H. F. Link.

I n h a l t.

Einleitung

Seite 1 — 4

Erster Abschnitt.

Beobachtungen über die Bewegung des Saftes

Seite 5

A. Strömung des Saftes im Schöllkraut.

- | | |
|---|-------|
| 1. In den Blättern . . . | §. 1. |
| 2. In den Blumenblättern und Staubfäden . . . | §. 2. |
| 3. In den Kelchblättern . . . | §. 3. |
| 4. Im Stengel . . . | §. 4. |
| 5. In der Schote . . . | §. 5. |
| 6. In den Schotenrippen . . . | §. 6. |
| 7. In der Wurzel . . . | §. 7. |
| 8. Betrachtung des ganzen Saftlaufs . . . | §. 8. |

Selbstständigkeit des Lebensprocesses in
jedem Theile der Pflanze

ebendas.

B. Strömung des Saftes in andern Pflanzen. In
den übrigen Schöllkrautarten, in *Bocconia*
cordata, im Mohn, im Sallat, im Saudistel,
den Aloe-Arten, Euphorbien, Rhus . . .

§. 9.

C. Beobachtungen über die Bewegung des Saftes
in sich (das Flimmern) . . .

§. 10.

Das Verhältniß der Saftkugeln zu den Gefäßen . . .

§. 11.

Zweiter Abschnitt.

A. Vergleichung des Kreislaufes im Schöllkraute
mit dem in der *Chara* . . .

§. 12.

B. Ueber die Einsaugung gefärbter Flüssigkeiten in
die Spiralgefäße und deren wahre Funktion . . .

§. 13.

Versuche . . .

§. 14.

Frühere Meinung . . .

§. 15.

Dritter Abschnitt.

Von den Ursachen der Saftbewegung	Seite 44
Frühere Meinung, Propulsionskraft	§. 16.
Begriff von Kraft	§. 17.
Die wahren Ursachen liegen in der Bewegung der Saftkügelchen	§. 18.
In den Spiralgefäßen unterstützt die Capillarthätigkeit das Aufsteigen der rohen Flüssigkeiten	§. 19.
In den eigenen Gefäßen hingegen nicht	§. 20.

Vierter Abschnitt.

Von dem Lebensproceß in den Pflanzen überhaupt	§. 21.
A. Von der Verdauung der Pflanzen	§. 22.
Sie nehmen die Nahrung durch die Spiralgefäße zu sich	§. 23.
B. Ueber die Verwandlung des Nahrungssaftes in den eigenthümlichen Saft	§. 24.
Beobachtungen über das Athmen der Pflanze durch die Blätter	§. 25.
C. Von der Ernährung der Pflanzen durch den eigenthümlichen Saft	§. 26.

Druckfehler.

Seite 2	Zeile 19	statt dem Naturforscher lies dem der Naturforsch.
— 2	— 22	st. formgebendes l. Formgebendes
— 18	— 28	st. Schote l. Schotenvalveln
— 83	— 17	st. den Beschriebenen l. dem beschriebenen
— 40	— 27	st. schon l. schön
— 46	— 24	st. todte l. Todte
— 57	— 8	st. Sollten l. Sollte
— 28	— 23	st. Cnov. l. Conv.
— 50	— 8	st. um l. nun

Hin und wieder fehlende Kommata, wird der Leser gütigst am gehörigen Orte, anbringen.

Einleitung.

Die inneren Vorgänge des Lebens in der organischen Welt sind von so großem Interesse, ihre Kenntniss hat für jeden gebildeten Menschen so viel Anziehendes, für den Naturforscher und Arzt so viel Nützliches, daß sich immer und überall Viele ganz dem Studio der Natur hingegen haben. Aber der Erforschung dieser Lebensvorgänge setzen sich unendlich viele Hindernisse und Schwierigkeiten entgegen, welche Zweifel und Widersprüche herbeiführen die den Forscher anstatt anzuspornen, abschrecken. Die Beobachtungen müssen zur Prüfung oft wiederholt werden und nicht selten zeigen die folgenden daß man sich im Anfange bei aller Sorgfalt geirrt hat; dadurch werden frühere Vorstellungen von der Natur der Dinge in Zweifel gezogen oder widerlegt, man muß die ganze Arbeit von Neuem anfangen und so kömmt man nur meist auf Umwegen, die man leider zu spät erkennt, mühsam durch lange Arbeit zum Zweck. Denn die Vernunft kann hier nicht ursprünglich und gebietend der Natur vorgreifen, am wenigsten kann man durch sogenanntes förmel-

les Urtheilen und Schliessen über sie, aus einzelnen leicht erkannten Erscheinungen, auf die tiefern Wirkungen des Lebens kommen. Denn der Lebensprocess ist durch die ewige Beziehung der verschiedenen Momente (Theile *) des Lebendigen auf sich, sein eignes immanentes Urtheilen und durch das einstimmige Zusammenwirken der Ur-Theile zu einem zweckmäßigen Ganzen schliesst sich die Totalität der Accidenzen selbst zu der concreten Substanz zusammen, durch deren innere Macht sich ihre Lebendigkeit nach ewigen Gesetzen erhält.

*) Die Betrachtung des Organischen als eines Ganzen das aus Theilen besteht, paßt aus dem Grunde nicht, weil so hier die Theile als Unterschiede betrachtet werden die gegen einander gleichgültig bestehen.

Dies ist denn der wirkliche, inhaltvolle und nothwendige Process der Natur, in dem sich die denkende Vernunft auf freie Weise wieder erkennen soll und dem Naturforscher nur zuzusehen, zu beobachten hat, um ihn in seiner Wahrheit zu erfassen, ohne daß von ausenher durch den menschlichen Geist etwas formgebendes hinzugefügt würde. Es ist die Form und der Inhalt zugleich, in dem sich uns der ganze Reichthum der Natur offenbart, dessen Kenntniß nach seiner innern Zweckmäßigkeit, dem Physiologen am Herzen liegt, dessen Erforschung aber wegen der unendlichen Mannigfaltigkeit in den inneren verborgenen Beziehungen seiner Unterschiede, welche allein den Inhalt der Physiologie ausmachen, mit Mühe und Arbeit verknüpft ist, wo-

von der Lohn für den Forscher nur die Freude ist, welche er über die innere Vollendung die er in der Natur erkennt, genießt.

Ich hielt es für fruchtbar dem Lebensproceß in seinen ursprünglichen Beziehungen zuzusehen und bin so auf die mikroskopischen Versuche gekommen, welche ich über die Bewegungen des Blutes in sich und in den Haargefäßen der Thiere, so wie über die Veränderungen desselben in absichtlich erregten Entzündungen angestellt habe und die ich späterhin zu wiederholen und zu erweitern denke. Ebenso war ich Willens über den frischen gelben Saft der aus den verwundeten Theilen des Schöllkrautes fließt, mikroskopische und chemische Versuche anzustellen; da mir die ersteren indessen nicht gleich anfangs genügende Resultate gaben, so verließ ich sie auf kurze Zeit in der Absicht fürs erste die chemische Analyse des Saftes vorzunehmen. Als ich zu diesem Zweck den ausfließenden Saft sammelte, fiel es mir auf, daß aus den abgeschnittenen Stengeln des Krauts sowohl am untern als am obern Ende der gelbe Saft, in gleicher Masse hervorquoll und ich kam auf die Vermuthung, daß sich vielleicht in abgesonder-ten Röhren der Saft der Pflanze in aufwärts und abwärts steigender Richtung bewegen möchte. Dieser Gedanke verleitete mich zu einer Reihe mikroskopischer Untersuchungen, welche ich, da ihr Resultat für die Physiologie der Pflanzen von Wichtigkeit zu sein scheint, der öffentlichen Mittheilung nicht für unwerth halte. — Um das Ganze in einer

gewissen Ordnung vorzutragen, will ich zuerst die Beobachtungen wie sie von mir der Reihe nach gemacht sind, erzählen; dann einige Reflexionen über das Wesen und die Ursachen dieser Erscheinungen folgen lassen und über das ganze Leben der Pflanzen einige Worte zum Schluss sagen.

Ich setze die Pflanzen, an denen ich die Beobachtungen gemacht habe, als bekannt voraus und darum habe ich keine weitläufige Beschreibung derselben hinzugefügt. Das Schöllkraut (*Chelidonium majus*) in dem ich die Zirkulation des Saftes zuerst entdeckte, gehört zur natürlichen Familie der mohnartigen Pflanzen (Papavereen) und zur dreizehnten Linneischen Classe, wächst an unbebauten schattigen Orten bei uns überall wild und hat das Ausgezeichnete, daß es Schoten trägt, wie die Pflanzen aus der funfzehnten Linneischen Klasse. *Chelidonium laciniatum* ist eine Abart des großen Schöllkrauts. In der *Synopsis plantarum* von Persoon sind außerdem noch zwei andere Arten, *Ch. diphyllum* und *Ch. japonicum*, genannt. Beide Species sind aber im hiesigen botanischen Garten nicht vorhanden.

Erster Abschnitt.
Beobachtungen über die Bewegung des
Saftes.

Es erscheint in dem ganzen Proceß der Saftzirkulation eine doppelte Bewegung, einmal das Auf- und Absteigen der Ströme des Saftes und zweitens eine flimmernde Bewegung in diesen Strömen, welche von der Wechselthätigkeit der Saftkügelchen herrührt. Ich will beide besonders betrachten und mit dem Laufe des Saftes in den Gefäßen den Anfang machen.

A. Ueber das Strömen des Saftes in den Gefäßen
des Schöllkrauts.

1. In den Blättern. Fig. 1.

§. 1.

Wenn man bei hellem Sonnenschein, von der noch ganz lebendigen Schöllkrautpflanze, die entweder noch in dem Boden steht oder doch wenigstens nach dem sorgfältigen Ausgraben sammt der Wurzel durch frisches Wasser vor dem Verwelken gesichert war, ein Blatt am besten mit der Rückseite nach oben, unter das Mikroskop beugt und mit dem Spiegel das helle reflectirte Sonnenlicht durch die zu

betrachtende Stelle des Objects fallen läßt; so sieht man, auch bei einer unbedeutenden Vergrößerung, daß die undurchsichtige grüne Blattsubstanz ganz mit durchscheinenden Adern netzförmig durchwebt ist, in denen eine gelbe flimmernde Flüssigkeit mit großer Lebendigkeit strömt. Diese Bewegung erscheint im hellen durchfallenden Lichte beim ersten Anblick ungeregelt durcheinander zu gehen, so daß man fürs erste bloß dies überaus schnelle Zittern und Flimmern, welches einen bewunderungswürdig schönen Anblick gewährt, anstaunt. Betrachtet man indessen diese Bewegung ruhig und anhaltend; so bemerkt man bald daß die Ader aus vielen deutlich von einander getrennten Röhren besteht, in denen sich der Saft abgesondert in zwei Richtungen, nach unten und nach oben bewegt. Deutlicher sieht man bei etwas dunklerem Lichte und stärkerer Vergrößerung diese mit gelben Saft gefüllten Röhren, nur schade daß man dann die Bewegung nicht so schön sieht. Am besten erkennt man die entgegen gesetzten Ströme in den Theilungswinkeln der Gefäßbündel obgleich auch hier bei der bedeutendsten Vergrößerung und dem angestrengtesten Zusehen nicht so schön wie im Stengel. Viel deutlicher als in dem trocknen oder mit Wasser benetzten Blatte, sehe ich auch die Ströme wenn ich beide Flächen des Blattes mit Olivenöl bestreiche und es nun mit der Rückenseite nach oben gelegt, betrachte. In der Bewegung bemerke ich dadurch keine Veränderung. Verfolgt man die Saftströme bis in die feinsten Adern,

so sieht man, daß sich in der undurchsichtigen Blattsubstanz nur wenige verlieren ohne daß man ihr Ende erreichen kann. Die meisten Verzweigungen gehen in immer kleiner werdende Netze zusammen ohne sich ganz zu verlieren, so daß man sie bis zu den letzten Verbindungen sehr gut verfolgen kann, und man sieht, der größte Theil des zugeführten Saftes wird nicht zur Ernährung des Blattes verwandt. In den kleineren Adern erkennt man die Saftströme deutlicher wegen ihrer Durchsichtigkeit als in den größern, die man wegen der Menge Gefäße die in einem Bündel zusammengedrängt sind nicht gehörig durchschauen kann. Zuweilen steht der Strom in einzelnen Adern still, während in den übrigen die Bewegung mit ungestörter Lebendigkeit vor sich geht; aber bald geräth plötzlich auch der ausgeruhte Strom wieder in Bewegung; indessen habe ich hierin keine periodisch regelmäßigen Pulse bemerken können. Diese Erscheinung habe ich besonders oft in solchen Blättern gesehen, die schon anfangen zu verwelken. Legt man sie aber wieder in frisches Wasser so scheint dadurch die Bewegung wieder etwas aufzuwachen. Man kann nämlich zu diesen Versuchen auch wie ich später fand, Blätter nehmen die so eben von der frischen Pflanze ganz und gar getrennt sind und dennoch bewegt sich der Saft noch so lange in ihnen bis sie welk werden, was nach der größern oder geringern Lebendigkeit der Pflanze oder des Theils der Pflanze von der man das Blatt nahm, früher oder später ge-

schiebt. Ich habe diese Bewegung noch in Blättern gesehen, welche ich von Schöllkraut gerissen hatte, das schon 24 Stunden nachdem es aus der Erde gerissen war, in der Sonnenwärme gelegen hatte. So wie aber das Blatt nach und nach verwelkt, werden die Saftströme, die in recht lebendigen Pflanzen an Geschwindigkeit dem Blutstrom in den Haargefäßen der Amphibien gleich zu kommen scheinen, allmählig langsamer und ruhiger, die kleinern stehen ganz still, werden aber noch in unterbrochenen Pulsen wieder einigemal fortgetrieben, während die größern sich noch immer ungestört bewegen, bis auch endlich diese auf dieselbe Weise absterben und still stehen.

2. In den Blumenblättern und Staubfäden.

§. 2.

Diese Theile sind zwar sehr durchsichtig bei heller Beleuchtung unter dem Mikroskop; allein wegen ihrer Zartheit kann man nicht behutsam und schnell genug sein, um die Saftbewegung in ihnen zu sehen. Am bequemsten legt man eine ganze Blumenkrone unter das Mikroskop und beugt auf den befeuchteten Objektträger ein oder ein Paar Blumenblätter ausgebreitet nieder, um sie schnell zu betrachten. Man sieht in ihrer zarten gelben Substanz sehr schön in einzelnen wenigen hellen Streifen die divergirend nach der Blattspitze laufen, und worin meist ein aufsteigender von einem absteigenden Strom begleitet wird, dies Forttreiben des Saftes, welches

indessen schon in wenigen Augenblicken gewöhnlich nachläßt und aufhört. In den Staubfäden erkennt man nur ein schwaches Flimmern in dem zarten Zellgewebe, ohne die Richtung des Saftstroms deutlich angeben zu können.

3. In den Kelchblättern. *Fig. 2.*

§. 3.

Verlaufen in geschlängelter divergirender Richtung die Saftgefäße, einzeln neben einander wie in den Blumenblättern, nur in ungleich größerer Menge, so daß man in ihnen viel leichter und deutlicher als in den Blättern, wo man die in Bündel zusammengehäuften Gefäße nicht gut durchschauen kann, die Richtung der Bewegung erkennt. Zugleich hat hier die Untersuchung das Bequeme, daß selbst in einem abgerissenen Kelchblatte besonders wenn es befeuchtet ist, die Bewegung noch ungleich länger dauert als in den Blumenblättern. Dieserhalb eignen sie sich dann, wenn die Untersuchung der Blätter und Schotenvalven nicht genügen sollte, oder wenn aus irgend einem Grunde die Operation mit dem Stengel nicht sogleich gelingt, vorzüglich, um die Richtungen der Saftströme erkennen zu können.

Da sogleich nach dem Aufbrechen der Blume der Kelch abfällt, so nehme ich solche Knospen die eben im Aufblühen begriffen sind, ziehe die beiden Kelchblätter behutsam auseinander, reisse eins von der Blume ab und falte es auf dem nassen Glas-

schieber auseinander, wobei in der Regel noch nöthig ist, es an der Spitze, wo es gewölbt ist, zu spalten, damit es glatt ausgebreitet liegen bleibt. Betrachtet man es so unter dem Mikroskop, so sieht man sehr schön die auf- und absteigenden Ströme in mannigfaltigen Windungen, zwischen denen da wo mehrere Gefäße neben einander liegen sich ein oder zwei deutlich zu unterscheidende Spiralgefäße fortwinden. Immer wird ein aufsteigender Strom von einem absteigenden begleitet; da indessen die absteigenden viel früher still stehen als die aufsteigenden, so sieht man oft nur in diesen die Bewegung, während die anderen schon ruhen. Hat man aber grade zwei solche recht lebendige, in entgegengesetzter Richtung dicht neben einander verlaufende Ströme im Auge, so bemerkt man, daß aus dem aufsteigenden während des ganzen Verlaufs immer ein Theil des Saftes in den absteigenden Strom, wie es scheint durch das Zellgewebe hinüberrollt und nun mit einem Male mit diesem den Rückweg antritt. Andere zuführende Gefäße beugen sich in ziemlich großen Bögen, ähnlich den Arterien in den Schwimnhäuten der Frösche, um und gehen so in zurückführende über; eine Erscheinung die ich in keinem andern Theile der Pflanze habe beobachten können. Ueberhaupt ist der Verlauf der Gefäße in den Kelchblättern sehr verschieden von dem in den übrigen Theilen und in einem recht lebendigen unverletzten, sieht man eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Verlaufe der Gefäße in den Thieren. Wo

die Gefäße einzeln im Zellgewebe verlaufen, sehen die Ströme ganz weifs aus, wo hingegen mehrere neben einander gedrängt sind oder wo in den absteigenden sich eine grössere Menge Saft angesammelt hat erscheinen die Röhren dunkelgelb.

4. Im Stengel. *Fig. 3.*

§. 4.

Wenn es besonders darauf ankömmt mit der grössten Schönheit und möglichsten Deutlichkeit das Auf- und Absteigen des Saftes in von einander abgesonderten Röhren zu zeigen und zugleich zu bestimmen in welchen, durch die Anatomie der Pflanzen bekannten Gefässen diese Cirkulation vor sich geht; so muß man die Stengel in dieser Rücksicht untersuchen. Bei dieser Untersuchung aber, wenn die Resultate befriedigend sein sollen, sind folgende Bedingungen unumgänglich nöthig, weil die Untersuchung ihre Schwierigkeiten hat ohne deren Beseitigung man viele vergebene Versuche macht.

Man muß ein Mikroskop haben, welches die höchstmögliche Deutlichkeit und Klarheit des Bildes giebt, über dessen Einrichtung hier freilich nichts gesagt werden kann. Ich habe durch dasselbe Mikroskop wodurch ich die Saftbewegung zuerst sah und wodurch ich in den Blättern, Schoten, Blumenblättern und andern Theilen, diese Bewegung unzählige Mal wiedergesehen habe, mit unsagbarer Mühe nach dieser Bewegung in den Stengeln vergebens gesucht, bis ich endlich durch die Güte des

Herrn Professors Dr. Turte zwei Instrumente von vorzüglicher Beschaffenheit erhielt, durch welche es mir augenblicklich gelang das Gesuchte mit möglichster Schönheit und Klarheit wieder zu sehen, wenn ich, wie dies auch früher geschehen war, die geschnittenen Stengelschichten im durchfallenden hellsten Sonnenlichte betrachtete.

Ferner kommt es auf die Beschaffenheit der Stengel des Schöllkrauts an, die man zur Untersuchung wählt. Stämme und Zweige von alten Pflanzen die schon verholzt sind lassen sich schwer schneiden, die Gefäße erscheinen undurchsichtig und die etwa durchsichtig sind, sind bei der größten Vorsicht halb oder ganz durchgeschnitten. Aus den Blattstengeln, auch selbst wenn sie jung sind lassen sich keine so glatte Schichten lostrennen, die sich zur Untersuchung eignen. Am besten gelingen mir die Versuche mit den jüngsten Trieben der Pflanze in denen noch keine Hölung entstanden ist, oder überhaupt mit Stengeln ganz junger Pflanzen die noch weich und voll und recht schnell in gutem fetten Boden aufgewachsen sind.

Endlich gehört ein gutes scharfes Messer, am besten mit schmaler Klinge und dickem Rücken, so wie eine feste Hand dazu, um eine genau mit den Gefäßen parallel laufende Schicht des Stengels auszuscheiden, worauf noch besonders viel ankommt, weil ein krummer Schnitt die Gefäße verletzt oder durchschneidet, so daß der Saft schon eher ausfließt

als man das Objekt unter das Mikroskop bringen kann.

Ich schneide nun von einem zur Untersuchung ausgewählten Stengel einer recht lebendigen Pflanze auf jeder beliebigen Seite das Zellgewebe mit der Oberhaut bis auf die Gefäßbündel, die dem unbewaffneten Auge schon als gelbe Streifen erscheinen, ohngefähr auf einen Zoll Länge ab und wenn, wie man dies mit bloßen Augen sehen kann, die Gefäßbündel der Länge nach ohne zerschnitten zu sein entblößt sind; so nehme ich eine zweite Schicht welche nur so dick ist, daß sie die sichtbaren gelben Streifen auch von unten unverletzt enthält, mit dem Messer von derselben Länge weg und bringe diese so rasch als es bei der nöthigen Behutsamkeit geschehen kann, auf dem befeuchteten Glasschieber unter das Mikroskop. Im Fall die ganze Operation das erste Mal nicht gelingt, darf man sich natürlich die Mühe nicht verdriessen lassen, sie so oft zu wiederholen bis sie glückt.

Wenn man nun eine so präparirte Stengelschicht durch hellen reflectirten Sonnenschein von unten erleuchtet, durch das Vergrößerungsglas betrachtet, so sieht man theils zu beiden Seiten der hell und weiß erscheinenden Spiralgefäßbündel, theils in dem darneben liegenden Zellgewebe die graden Ströme des Saftes welche sich ziemlich schnell in auf- und absteigender Richtung in deutlich von einander abgesonderten Gefäßen fortbewegen.

Freilich gelingt es nicht jedesmal zugleich ein

auf- und ein absteigendes Gefäß mit bewegtem Saft zu sehen, man sieht oft einen oft mehrere Ströme, aber alle nur in einer Richtung, wenn man indessen den Versuch recht oft wiederholt, so hat man doch nicht selten die Freude diese schöne Erscheinung zu sehen. Ist eins von den Gefäßen beim Schneiden der Schicht zufällig verletzt worden; so strömt oft plötzlich eine dicke Wolke gelben Saftes über die ganze sichtbare Fläche in zitternder Bewegung aus, welche Erscheinung einen schönen Anblick gewährt, den man sich auch verschaffen kann, wenn man, unter dem Mikroskop mit einem scharfschneidigen Messer das Objekt quer durchschneidet, worauf sogleich aus den durchschnittenen Gefäßen dicke Saftwolken ausströmen, so lange bis sich die Gefäße entleert haben. Ich habe mir Mühe gegeben die hinführenden Gefäße von den zurückführenden, durch bestimmte Merkmale zu unterscheiden indem ich bei einem Querdurchschnitte des Objekts wo man deutlich sehen kann welches Gefäß sich entleert, beobachtete wo der Saft ausströmt und welche Gefäße nichts ergießen; indessen ist mir diese Unterscheidung hierdurch so wenig als durch die Farbe des Saftes, die in manchen Strömen weiß ist, gelungen. Anfänglich wurde ich durch ein Mikroskop welches ein ziemlich undeutliches Bild giebt, getäuscht indem es mir schien als ströme aus einem querdurchschnittenen Objekte nach aufwärts der Saft aus den Spiralgefäßen, nach abwärts aus den eignen Gefäßen, das bessere Mikroskop hellte diesen

Irrthum indessen sogleich auf. Die Beobachtung Corti's nach den in den Internodien der Chara der Saft abgeschlossen auf- und absteigen soll, machte mich auchmerksam darauf ob vielleicht im *Chelidonium* etwas Aehnliches Statt finde. Allein hier verlaufen wie man schon mit bloßen Augen sieht die gelben Gefäßbündel ununterbrochen vom Stamm in die Aeste fort und es findet also kein abgeschlossener Kreislauf in den Zwischenknoten Statt. Ueber den Uebergang der Gefäße aus den Stengeln in die Blume und Frucht sind meine Untersuchungen unbefriedigt geblieben.

5. In den Schoten. Fig. 4.

§. 5.

Hier sieht man recht auffallend wie die Natur ihre ganze innere Macht aufopfert um zu ihrem Resultat, der Frucht zu kommen. Man schaut mit Erstaunen die größte Lebendigkeit des Lebensprocesses in den Schoten an, die sich so energisch in keinem andern Theile der Pflanze wiederfindet. Es ist ein überaus schönes Schauspiel zu sehen wie noch in einem Theile der Schote den die Pflanze schon von selbst, weil sie durch ihn ihren Zweck erreicht hat, von sich abgelöst hat, ich meine in den eben abgefallenen Valveln der Schote, der Lebensproceß mit solcher innern Kraft vor sich geht, daß man bei der ungemeinen Geschwindigkeit der Bewegungen unter dem Mikroskop nur die lebendige Thätigkeit sieht, in der man weder Regel noch Ordnung, beim ersten

Anblick, erkennen kann. Man sieht anfangs ein buntes Gewirre in dem sich Theile gegen und unter einander bewegen, aber in ihrer Schnelligkeit entschwinden sie dem Auge, ohne daß man eigentlich etwas anders sagen kann, als daß man etwas recht Lebendiges gesehen habe.

Legt man von einer ziemlich reifen Schote die schon anfängt gelb zu werden, eine Valvel, die sich von den Schotenrippen in diesem Zustande schon bei einer leisen Berührung mit den Fingern von selbst ablöst, entweder mit dem Rücken oder der innern Fläche nach oben gerichtet, unter das Mikroskop, so sieht man in dem ganzen Theile des Objekts den man überschauen kann, lauter flimmernde Ströme des gelben Saftes, der sich in mannigfacher Richtung hin und her bewegt. Hat man die innere Fläche der Schotenvalvel nach oben gelegt, so scheint die Bewegung des gelben Saftes in länglichen Zellen zu geschehen, und es ist durchaus nichts anderes sichtbar als diese länglichen an den Enden spitz zu laufenden, mit dem bewegten Saft erfüllten Zellen; besonders unter einer sehr starken Vergrößerung und in sehr hellem Lichte. Sieht man aber die Schote mit dem Rücken nach oben; so erkennt man deutlich daß diese Zellen, die hier viel kleiner und sechseckig erscheinen, nur scheinbar und nichts als die Epidermis der Schote sind, unter welcher die Gefäße mannigfach gebogen mit den Strömen des Saftes deutlich zu unterscheiden sind. Besser sieht man dies indessen in ganz jungen Schötchen

chen von denen so eben die Staubfäden abgefallen sind, wenn man sie behutsam mit dem Messer in ihre Valveln theilt. Auch erscheint, wenigstens mir, die Begränzung der Gefäße viel schärfer, wenn ich die Schotenvalvel vorher in Oel getaucht hatte; auf die Bewegung hatte dies, wenigstens für den Augenblick, auch hier gar keinen Einfluss, auch sah ich durchaus keine Veränderung in der Bewegung, wenn ich statt des Oels Spiritus wählte. Die Gefäße sind nun in der Schote bei weitem in der größten Zahl vorhanden und die ganze Schote besteht fast nur aus Gefäßen. Sie verlaufen dicht neben einander, sowohl unter sich als mit den Seitenrändern der Schote in ziemlich gleichlaufender grader Richtung, doch kommen auch besonders da, wo die Uebergänge der zuführenden in zurückführende sind, mancherlei Krümmungen vor, die indessen mit dem geschlängelten Verlauf der Gefäße in den Kelchblättern gar nicht zu vergleichen sind. Ihr Eintritt in die Schote ist an der Basis derselben, aus den Schotenrippen gehen keine Gefäße in die Valveln. Die Ströme des Saftes gehen ungemein schnell und an den Stellen wo entweder die aufsteigenden mit den absteigenden kommuniziren oder wo sie ganz in zurückführende übergehen, kehren sich mit einem Male die Ströme um und gehen zurück. Indessen erkennt man dies in den so eben von einer recht lebendigen Pflanze abgelösten Schoten und in sehr hellem Lichte, wegen der ungemeinen Geschwindigkeit womit der Lebensproceß in ihnen vor sich

geht, nicht so deutlich als in denen die schon anfangen zu welken *) und in einer so mässigen Beleuchtung die nur grade hinreicht die Bewegungen zu sehen. Immer laufen in der Mitte der Valvel die Spiralgefässe, die sich indessen hier nicht abwickeln lassen, selten sieht man einzelne an den Seiten. Bei heller Beleuchtung erkennt man in ihnen eine weisse, eben so wie der gelbe Saft in den Saftgefässen geformte Masse, die man indessen nicht, wenigstens nicht sogleich bemerkbar, strömen sieht, in der man aber wohl zuweilen eine gegenseitige Bewegung des Kügelchen sieht.

*) Legt man die Schoten in denen man die Bewegung des Saftes schon stocken sieht, in frisches Wasser, so wird die Bewegung bald wieder von Neuem lebendiger und in solchen wiederbelebten Theilen ist mir die Beobachtung der Bewegung immer am besten gelungen, weil sie ruhiger ist als in frischen.

Galvanische Reizung mit meiner aus 50 Plattenpaaren, jede von 2 Quadratzollen bestehenden Säule, brachte in den wenigen Versuchen die ich anstellte, durchaus keine Veränderung in der Bewegung hervor.

6. In den Schotenrippen

§. 6.

erkennt man ebenfalls eine grosse Menge schnurgrade neben einander laufender Gefässe mit dem gelben Saft, zwischen denen in der Mitte einige Spiralgefässe verlaufen die ebenfalls einen solchen weissen Saft enthalten wie die Spiralgefässe in den Schoten. Man sieht dies wenn man von einer beinahe reifen Schote, durch gelinde Berührung mit den Fingern, die Valveln von den Schotenrippen ab-

löst und mit einem kleinen Messer von ihrer innern Fläche das markige Zellgewebe (wodurch sie mit den Valveln zusammenhängen) der Länge nach ablöst, und das so praeparirte Stück unter das Mikroskop bringt. Die Saftströme sind rasch aber deutlich zu erkennen, wenn der Theil gut präparirt ist, doch ist es mir nicht gelungen das Uebergehen derselben aus den hin in die zurückführenden Gefäße so deutlich als in andern Theilen zu sehen.

7. In der Wurzel. Fig. 5.

§. 7.

Der Bau der Wurzel unterscheidet sich durch die Lage der Gefäße sehr vom Stamm und den Stengeln. Anstatt daß in den letzteren mehrere Gefäßbündel, die aus Gefäßen welche den gelben Saft führen und aus Spiralgefäßen zusammengesetzt sind, rund herum in dem Stengel wie in einem Kreise gelagert sind, und die Stämme und ältern Zweige in der Mitte hohl, die jüngern mit markigem Zellgewebe ausgefüllt sind, finden sich hier in der Wurzel bis in ihren feinsten Verzweigungen, alle Spiralgefäße in einem Bündel vereinigt, welches, wie das Mark anderer Pflanzen, im Mittelpunkte verläuft, um welchen das lockere Zellgewebe gelagert ist, worin die mit dem gelben Saft angefüllten Röhren im ganzen Umkreise ebenfalls für sich verlaufen. Die feinsten Verzweigungen der Wurzel scheinen, wenn man sie unpräparirt unter das Mikroskop bringt; nur aus ganz weißem Zellgewebe

zu bestehen; schabt man indessen behutsam mit einem etwas stumpfen Messer von einer Seite die Umgebungen ab, so sieht man sehr deutlich daß in ihrer Mitte ebenfalls ein Bündel Spiralgefäße verläuft.

Legt man von einer so eben behutsam mit der Wurzel aus der Erde gegrabenen Schöllkrautpflanze eine gesäuberte Wurzelfaser von solcher Dicke, daß sie nicht undurchsichtig ist, mit Wasser befeuchtet unter das Mikroskop, so sieht man den gelben Saft in den Gefäßen welche im Zellgewebe und um das Spiralgefäßbündel herum gelagert sind, zirkuliren; aber nicht so deutlich als in den vorgenannten Theilen, weil die Gefäße zu tief im Zellgewebe versteckt sind, und es wegen des zarten Baues der Wurzel nicht so gut gelingt, ohne Verletzung der Gefäße parallele durchsichtige Schichten zu schneiden. Die mit bloßen Augen und unter dem Vergrößerungsglase ganz weiß erscheinenden jungen Wurzelsasern scheinen oft keinen gelben Saft zu enthalten; man sieht in ihnen unter dem Mikroskop nur eine weiße Flüssigkeit flimmern. Schneidet man aber eine solche Wurzelsaser an einem Ende quer durch; so sieht man daß aus den feinsten Saftgefäßen die um die Spiralgefäße herum gelagert sind, dieser wegen der unendlichen Feinheit der Gefäße weiß scheinende Saft, herausströmt und sich um die Mündungen der Gefäße in sehr schöne gelbe Saftwolken ansammelt; ein Beweis daß der eigenthümliche Saft den man in ihnen zirkuliren sieht, wie in allen andern Theilen der Pflanze, gelb ist.

3. Betrachtung des ganzen Saftlaufs.

§. 8.

Ueberschaut man nun das Ganze der so eben beschriebenen Beobachtungen, so ergiebt sich, daß der gelbe Saft im Schöllkraut in einem abgeschlossenen Systeme in allen Theilen der Pflanze bewegt wird. Er steigt in vielen abgesonderten Gefäßen im Stengel auf und (wahrscheinlich) in eben so vielen wieder ab. Wo die aufsteigenden in die absteigenden Gefäße in den Extremen des Stammes übergehen, da zeigen sich mannichfache Anastomosen dieser abgesonderten Gefäße, die im Stengel ohne sichtbare Verbindungen für sich verlaufen; so daß es scheint als ob die Hauptgemeinschaft oder der Vereinigungspunkt des ganzen Saftsystems in den Extremen (sicher in den Blättern welche die Lungen der Pflanzen darstellen) zu suchen sei, anstatt bei den Thieren das Blut in einem Mittelpunkte, in dem Herzen, gemeinschaftlich zusammen und durcheinander fließt. Die Wurzel besteht meist nur aus Spiralgefäßen und dem diese umhüllenden Zellgewebe. Die gelben Saftgefäße welche in letzterem in geringerer Zahl verlaufen, dienen sicher nur zur Ernährung der Wurzelsubstanz; sie laufen ohne sichtbare Gemeinschaft einzeln für sich und enthalten den gelben Saft von derselben Beschaffenheit wie im Stamme aus dem die Gefäße in die Wurzel hinab und zu dem sie wieder hinaufsteigen.

Aus dem was §. 4 über die Bewegung des Saftes in abgeschnittenen Stücken vom Stengel gesagt

ist, so wie überhaupt aus allen den Versuchen welche zeigen, daß noch in Theilen, die schon von der Pflanze getrennt sind, die Lebensbewegungen fort-dauern, geht hervor, daß das Leben in jedem Theile der Pflanze bis auf einen gewissen Grad selbstständig und von dem Ganzen unabhängig ist. Daraus erklärt sich die Möglichkeit des Pfropfens, Okulirens etc., indem der neu aufzupflanzende Theil seine Lebendigkeit noch längere Zeit, nachdem er schon vom Stamme getrennt war, erhält, die Lebensbewegungen des Saftes in ihm dauern noch fort, bis er mit dem neuen Stamm auf den er gepflanzt wird in eine neue lebendige Spannung versetzt wird, wodurch ihm wieder frische Zufuhr zur Fortsetzung seines Lebensprocesses gegeben wird. Aber die Selbstständigkeit behält der neue Zweig, er führt sein eigenes substanzielles Leben, ist ein Parasit dem der Stamm auf den er gepflanzt ist nur als Boden dient, aus dem er seine Nahrung saugt; er assimilirt sich die erhaltenen Stoffe zu seiner eigenen Substanz und nimmt also auch nichts Fremdes von der Natur der Pflanze an, auf der er gepflanzt war. Aechte Obst-arten auf unächte Stämme gepflanzt, behalten ganz die Natur der Pflanze von der sie genommen sind, verändern dadurch daß sie auf fremden Boden kommen ihre eigenthümliche Beschaffenheit nicht. Freilich mag der Umstand daß der überpflanzte Theil schon eine assimilirte Substanz aus seinem Stamme einsaugt, seine Natur wohl in etwas verändern und verbessern und darauf beruht auch wahrscheinlich

die Veredelung der Obstarten. Die Nahrung des neuen Theils ist schon durch den alten Stamm assimilirt, er wird durch eine schon organisch gemachte Materie ernährt und ist dadurch in den Stand gesetzt sich selbst höher auszubilden und bessere Producte zu erzeugen.

**B. Beobachtungen über die Bewegung des Saftes
in einigen andern Pflanzen.**

§. 9.

Nachdem ich die sichtbare Bewegung des gelben Saftes im Schöllkraute gefunden hatte, untersuchte ich in dieser Rücksicht noch eine Menge anderer Pflanzen, wo meine Erwartungen ganz getäuscht wurden. In denjenigen aber, von denen ich sogleich sagen werde, daß ich auch in ihnen die Bewegung gefunden habe, ist sie an Energie und Deutlichkeit, selbst unter dem besten Mikroskop, mit den Beschriebenen im Schöllkraut nicht recht zu vergleichen. Im *Chelidonium laciniatum*, indessen welches ich durch die Güte des Herrn Professors Linck im hiesigen botanischen Garten zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, sind die Saftbewegungen eben so gut wie im *Chelidonium majus* zu sehen. Eben so rieth mir mein würdiger Lehrer, Herr Professor Link, in *Bocconia cordata* nachzusehen. Der Saft ist in dieser Pflanze noch dunkeler und schöner gefärbt als im *Chelidonium*. Ich habe auch nach wiederholten Versuchen schwache Bewegungen unzweifelhaft erkannt, glaube indessen daß die Strö-

me gewifs eben so gut in dieser Pflanze wie im Schöllkraut zu sehen sind; wenn man nur lebendigere und jüngere Pflanzen hätte, als die sind welche der botanische Garten hat.

Im Mohn (*Papaver somniferum*) sieht man an frisch abgepflückten Blumenblättern weisse flimmernde Ströme des Saftes, die indessen schon in so kurzer Zeit aufhören sich zu bewegen, dafs man kaum Zeit genug hat sie zu beobachten. In den Blättern derselben Pflanze, deren Substanz nicht dick und undurchsichtig ist, sieht man in den durchscheinenden Adern dieselbe Bewegung, die sich indessen theils wegen der weissen Farbe des Saftes, theils wegen der geringeren Durchsichtigkeit der Blattrippen oft nicht leicht erkennen läfst. In Stengelschichten, die ich mit derselben Vorsicht die ich beim Schöllkraut gebrauchte, untersuchte, gelang es mir öfters, aber viel seltener als in *Chelidonium*, einige Saftströme zu bemerken.

Vom Sallat (*Lactuca sativa*) habe ich nur die Blätter und Stengel nachgesehen. Nach vielen vergeblichen Versuchen sah ich einige Mal in den Stengelschichten recht dicke Ströme des weissen Saftes, die sich ziemlich langsam fortbewegten. In den Blättern der Stengel habe ich in den ziemlich durchsichtigen Rippen das flimmernde Strömen auch einige Mal gesehen, in den Blättern des Kopfsallates aber, aller Mühe ungeachtet nicht. In den Blättern vom Saudistel (*Sonchus oleraceus*) habe ich dieselbe schwache Bewegung wie im Sallat bemerkt.

Zu einer nähern Untersuchung des Kreislaufes eignen sich indessen alle diese Pflanzen nicht, weil ihre Säfte keine auffallende Farbe haben und die Lebensbewegungen in ihnen viel langsamer und matter scheinen wie im *Chelidonium*.

Da ich besonders in den Schoten des Schöllkrauts das Leben so concentrirt fand, vermuthete ich ein ähnliches in andern schotentragenden Gewächsen und untersuchte deshalb die Schoten von mehreren Pflanzen aus der vierzehnten Linneischen Classe: *Sysymbrium*, *Brassica*, *Erysimum*, *Thlaspi*; allein die Schotenvalveln dieser Pflanzen sind grofsentheils durchaus undurchsichtig und an den Stellen wo sie etwas durchscheinend sind, erkennt man ein so schwaches Flimmern dafs man es für Täuschung halten oder übersehen würde, wenn nicht das analoge Vorkommen desselben in andern Pflanzen darauf aufmerksam machte.

In *Euphorbia Helioscopia* und in vielen ausländischen *Euphorbia*-Arten habe ich sehr schön und deutlich die Saftströme in abgeschnittenen Stengelschichten gesehen, nur schade dafs die Blätter ihre Gefäfsse in der undurchsichtigen Substanz so verhüllt haben, dafs man sie auch in dem hellsten Lichte nicht deutlich erkennen kann.

Anm. Sollte in *Hedysarum gyrans* wo sich doch die Blätter sichtbar bewegen, die Saftbewegung nicht zu sehen sein? Ich habe es in dieser Rücksicht untersucht, aber keine Bewegung des Saftes finden können; vielleicht liegt es noch an der Art der Untersuchung.

Außer den hier genannten, habe ich noch eine große Menge krautartiger Pflanzen nachgesehen, allein weder in ihnen noch in den Blättern vieler einheimischer Bäume eine ähnliche Bewegung wie im Schöllkraut und den übrigen genannten Pflanzen bemerken können. Man sollte zwar voraussetzen daß eine analoge Lebensbewegung in allen Pflanzen vor sich gehen und zu sehen sein müsse, da doch alle mit ziemlich gleicher Geschwindigkeit wachsen und in ihrem Bau sich mehr oder weniger ähnlich oder gleich sind; da indessen dieser Voraussetzung in vielen Pflanzen die Erfahrung widerspricht; so ist entweder anzunehmen, daß in diesen die Beschaffenheit des eignen Saftes seine Bewegungen dem Auge entziehe und nur die Lebensbewegungen der milchartigen und consistenteren Säfte, so wie sie alle die Pflanzen enthalten in denen ich die Bewegungen gesehen habe, sichtbar sind; oder es unterscheiden sich die genannten Pflanzen von denen in welchen keine Bewegung zu sehen ist, durch ihre energische, wuchernde Natur, wie man dies z. E. am Schöllkraut sieht; denn in und in einem großen Umkreise von Berlin sieht man fast keinen unbebauten Ort, keine Stelle in einem Garten die nur selten von Unkraut gereinigt wird, keine alte Mauer, kein schattiges Ufer, die nicht wie besäet mit Schöllkraut wären. Oder der Lebensproceß ist in vielen Gewächsen nur periodisch so stark, wie in den Bäumen im Frühjahr, wo sich die von Saft strozzende Rinde so leicht vom Holze ablöst, daß man seine

Bewegungen sehen kann. Ich will so viel ich vermag und äufsere Verhältnisse es mir gestatten werden, hierüber meine Untersuchungen fortsetzen und namentlich die saftigen Rinden der Bäume im Frühling untersuchen, um das Wahre hier zu finden.

Anhang. Nachdem ich die vorstehenden Beobachtungen schon niedergeschrieben hatte, habe ich noch in folgenden Pflanzen, welche einen ausgezeichneten Saft führen, die Bewegung desselben gefunden. Ich habe zu der Untersuchung solche Pflanzen gewählt, deren eigenthümliche Säfte sich so gleich durch eine auffallende Consistenz und Farbe von den übrigen unterscheiden, weil ich eine Menge Pflanzen die keinen solchen ausgezeichneten Saft haben, untersucht und gefunden habe, daß bei den Versuchen die ich damit anstellte, nichts von einer Bewegung ihrer Säfte zu sehen war, wogegen bei allen den Pflanzen deren Säfte ich zirkuliren sah, es der Milchsaft war, der sich bewegte, und ich keine einzige Pflanze mit Milchsaft untersucht habe, in der ich nicht die Zirkulation des Saftes gefunden hätte.

Aus der Familie der Liliaceen habe ich mehrere *Aloe*- und *Agave*-Arten untersucht und in ihnen in den Blumenblättern und Stengeln die Saftbewegung sehr schön und deutlich gesehen. Sie haben einen dunkelbraungrün gefärbten Saft in ihren Saftgefäßen, welcher in ziemlich ruhigen Strömen zirkulirt. Die saftigen Blumenkronen enthalten eine grofse Menge Saftgefäße, in denen man, beson-

ders an den Seitenrändern der abgelösten Blätter die Zirkulation recht deutlich sieht. Aus dem querdurchschnittenen Objekte strömt indessen der Saft bei weitem nicht so heftig wie im Schöllkraut, wahrscheinlich weil der Milchsaft eine zu zähe und consistente Beschaffenheit hat. Aus den Stengeln kann man wegen ihrer weichen Beschaffenheit wenn sie jung sind, sehr gut solche Schichten abschneiden, in denen sich der Saftlauf beobachten läßt. Ueberall verlaufen auch hier neben den Spiralgefäßen die Saftgefäße.

Von den *Contorten* untersuchte ich, *Asclepias nivea*, *Nerium Oleander*, *Plumeria* und *Vinca major*, weil sie einen Milchsaft führen. Man sieht diesen in den genannten Pflanzen sowohl im Stengel als in den Blättern sich bewegen. Natürlich fällt die Bewegung, besonders in den Blattrippen, nicht so sehr auf wo der Milchsaft weiß, als da wo er gefärbt ist, so daß auch hier es beim ersten Anblick erscheint als ruhe der Saft, indessen überzeugt man sich bald von der sehr lebendigen Bewegung, besonders wenn man die Versuche wiederholt.

In einigen Winden, *Cnouv. purpureus*, *Ipomoea insignis*, welche milchen, habe ich die Bewegung des Milchsafts ebenfalls sehr gut gesehen, sowohl in den Blättern als in den Stengeln.

Von den Doldenpflanzen sieht man die Saftzirkulation mit großer Geschwindigkeit in *Angelica Archangelica*.

In *Ficus nitida*, *F. Carica*, *F. populnea* sieht

man den Kreislauf des Milchsaftes sowohl in den Blättern als in den Zweigen, besonders in den jüngeren, sehr deutlich. Sicher ist auch in den übrigen Feigenbäumen dasselbe zu sehen. Mehrere milchende *Campanula* Arten die ich untersuchte zeigten die Bewegung des Saftes in allen Theilen: in der Krone, den Blättern, den Stengeln; Früchte waren mir nicht zur Hand.

Unter den Diadelphisten habe ich in *Glycine Apios* die Bewegung des Milchsaftes sehr schön gefunden.

In *Lobelia longiflora*, *L. cardinalis* kann man in den Blättern und Stengeln die Saftzirkulation recht deutlich sehen und in den übrigen Arten wird es auch nicht fehlen.

Außerdem sah ich in den Blättern ganz junger Pflanzen von Nessel und *Lamium*, welche keinen Milchsaft haben, eine flimmernde Bewegung; in den Stengeln älterer Pflanzen aber habe ich bis jetzt das Auf- und Absteigen des Saftes nicht beobachten können. Also nach den bisherigen Untersuchungen sieht man die Saftbewegungen nur in den Pflanzen mit Milchsaft, vollkommen deutlich. Es ist nun zwar nach den Kenntnissen welche wir von der Vegetation haben, nicht abzusehen warum nur gerade in diesen das Leben so sichtbar sein sollte und in den übrigen nicht; indessen fragt es sich ob nicht die Natur der Säfte in den Pflanzen eine höchst wichtige innere Differenz der ganzen Vegetation begründet und ob nicht eben so wie die Thiere mit ro-

them Blute, von den weißblütigen ihrer ganzen Natur nach verschieden sind, auch die Pflanzen welche einen Milchsaft haben, der sich sogleich durch seine ausgezeichnete Beschaffenheit zu erkennen giebt, von denen, welche Säfte anderer Art führen, durch eine höhere Organisation, die uns bis jetzt noch verborgen ist, verschieden sind. Genaue anatomische und physiologische Untersuchungen müssen hierüber Licht verbreiten. Dafs die Milchsäfte höher als die übrigen Pflanzensäfte organisirt sind, sieht man aus ihren chemischen und organischen Bestandtheilen (sie enthalten offenbar mehr Saftkügelchen und weniger wässrige Flüssigkeit) und da die sogenannten eigenen Säfte die Bildungssäfte sind aus denen die ganze Vegetation sich erzeugt, so wird auch gewifs hier so wie überall mit der Verschiedenheit des Bildenden, des Erzeugenden, auch das Product, das Gebildete, verschieden sein. Verschiedene Kräfte müssen sich verschieden äufsern. Vielleicht läfst sich noch einmal auf die innere Differenz der Pflanzen eine naturgemäße Eintheilung, wie in den Thieren, gründen.

C. Beobachtungen über die Lebensbewegungen des Saftes in sich.

§. 10.

Wenn man den, bei Untersuchung der Saftströme im Schöllkraut aus den zufällig oder absichtlich verletzten Gefäßen in sehr feinen Strömen (denn wo der Saft in Masse ausströmt da häuft er sich in

dicken Wolken zusammen, die sich mit dem Wasser nicht mengen und wo sich die Kügelchen nicht von einander absondern) ausfliessenden Saft sogleich in Wasser ausströmen sieht; so bemerkt man, daß er aus unzähligen Kügelchen besteht, die abgesondert von einander mit den Strömen des Wassers fortschwimmen, ohne sich gegenseitig zu berühren. Diese ruhenden, todten Kügelchen sucht man aber im lebendigen strömenden Saft umsonst wieder. Man sieht nur das Flimmern in den Strömen, von dem ich schon früher gesprochen habe; betrachtet man dies Flimmern aber genauer, besonders in solchen Strömen die schon matter und langsamer werden, z. E. in den durch kaltes Wasser wieder belebten Schotenvalveln, so sieht man außer der strömenden Bewegung des Saftes noch eine zweite Bewegung der Bestandtheile des Saftes gegen und von einander. Man findet ein beständiges Ineinandergehen und Sichtrennen der Kügelchen, die außer den Gefäßen abgesondert, todt und gleichgültig gegen einander im Wasser herumschwimmen. Verfolgt man die Bewegungen eines Kügelchens, das man unter dem Mikroskop im Auge festhält, so bemerkt man daß es in einer immerwährenden Veränderung seiner Gestalt begriffen ist; es strebt die Kugelform anzunehmen, erreicht diese aber nicht, sondern in dem Moment wo es sich von einem andern lostrennen und befreien will, um für sich zu sein, verschmilzt es wieder mit einem andern, das eben so wie das erstere sich immerhin verwandelt, aber nur um auch

mit diesem wieder auseinander zu gehen und sich von Neuem zu vereinigen und wieder zu trennen u. so fort. Und so sind alle unter einander in einer ewigen Wechselwirkung, so bewegen sich wunderbar Miriaden der Saftkügelchen in dem kleinen Gesichtsfeld was man unter dem Vergrößerungsglase hat. Alle verschlingen sich einander und werden in demselben Augenblick wieder von einander geboren. Ihre Gestalt ist ein nie zu ergreifender Moment in der ewigen Metamorphose; sie sind im Werden, sie beharren im Wechsel und es ist eine vergebliche Mühe sich mit der Bestimmung ihrer Gröfse, Gestalt, Farbe und dergleichen zu beschäftigen wenn man ihr lebendiges Verhältniß was sie unter einander haben nicht erfaßt; so wie dies bisher mit den Urtheilen des Blutes in den Thieren selbst von den größten Naturforschern geschehen ist.

Anmerkung. In der grossen Physiologie von Haller ist über allerhand mechanische Verhältnisse der Blutkügelchen ein Reichthum von Beobachtungen gesammelt, welche wegen der Genauigkeit mit der sie mühsam gemacht sind und weil auch diese Bestimmungen nothwendig zur vollständigen Kenntniss des Ganzen gehören, für immer höchst schätzbar und wahr bleiben werden. Aber ihr lebendiges Verhältniß was sie zu einander haben, beachtete er nicht. Man sah sie immer als Theile die ein gleichgültiges Bestehen gegen einander haben, an, glaubte ihre Bewegung würde ihnen von aussen durch die Gefäßwände oder wodurch sonst noch, mitgetheilt, oder läugnete ihre Bewegung wohl gar ganz. Dies ist indessen Unrecht; so wie sie die Urtheile des Blutes sind, so sind sie auch zugleich das lebendige Urtheilen durch die beständigen Bewegungen die sie unter einander haben und die ihre eigenen aber keine mitgetheilten sind. In einem ganz aus der Bauchhöhle einer Maus gerissenen Mesenterio zirkulirt das Blut noch $\frac{1}{4}$ Stunde nachdem aller Impuls vom Herzen aus aufgehoben ist und stockt
erst

erst mit dem Aufhören der Wechselthätigkeiten der Blutkugeln. Sobald mir Zeit und Umstände es gestatten, werde ich die Versuche die ich hierüber angestellt habe, wiederholen, bereichern und bekannt machen.

Keines hat ein ruhiges Bestehen, ein gleichgültiges Verhältniß gegen das andere, alle streben sich von einander loszureißen, alle streben sich zu vereinigen, aber sie erreichen selbst ihren Zweck im Tode nicht; denn in dem zur Ruhe gekommenen Saft, sieht man daß alle mit einem Male in ihrem Proceß stehen geblieben sind, wie die kataleptischen Menschen, denen man es auch ansieht daß sie im Handelnwollen gehemmt sind. Ein ganzer ruhender Strom erscheint als eine Kette gegen einander offenstehender Ellipsen, die sich wie zwei Wassertropfen verschlingen wollen, während sie von der andern Seite sich eben von einander losreißen, wie der abfallende Tropfen von einer Flüssigkeit.

Und wirklich sieht man in den Strömen die zuletzt noch stoßweise wieder aus der Ruhe in Bewegung übergehen, daß auch die Kugeln mit einem Male ihre Metamorphose da wieder beginnen, wo sie stehen geblieben war; sie trennen sich an einer Seite völlig, wo sie im Begriff waren sich aus einander zu entlassen und gehen auf der andern, wo sie sich vereinigen wollten, ganz zusammen, um nun diesen Proceß so fortzusetzen.

§. 11.

Außer der Bewegung welche die Saftkugeln unter einander haben, zeigt sich noch eine zweite,

Wodurch sie mit den Gefäßswandungen in Berührung kommen. Sie verschmelzen im Vorbeigehen theilweise immer mit den Gefäßen und gehen wieder von ihnen zurück in die Masse des Safts. Oft scheint ein Kügelchen an der Wandung fest anzuhängen und ein zweites vorbeigehendes sich mit ihm zu vereinigen und wieder davon loszugehen, während das erste noch immer stehen bleibt. Endlich aber wird auch diess mit dem Strom fortgerissen und es entschwindet einem bald aus dem Auge. Dies sehe ich in den Schotenvalveln besonders oft. Im Zellgewebe des Stengels verlaufen oft, weiß aussehende ruhige Ströme von ungemeiner Feinheit die mit dem Gefäß in keiner Wechselwirkung zu sein scheinen; vielleicht überwiegt hier die Geschwindigkeit der Strömung die innere Wechselwirkung des Saftes, oder diese Bewegungen entschwinden dem Auge in der Eile.

Dieser Proceß findet zwischen einzelnen Kügelchen des Saftes nicht Statt, wenn das Ganze sich nicht bewegt. Das lebendige Verhältniß geht durch den ganzen Saftstrom und sein Gefäß. Denn wo die Bewegung zweier Kügelchen gegen einander stockt, da stockt nicht allein die ganze Bewegung des sichtbaren Stroms in sich, sondern auch in den Gefäßen. Und umgekehrt hört mit dem Stillstande des Stroms zugleich der Proceß der Kügelchen gegen einander auf; so wie immer da, wo noch zuletzt in Pulsen die Bewegung sichtbar ist, mit der erwachenden strömenden auch die flimmernde

Bewegung in einem Moment beginnt und wieder aufhört. Nie sieht man einen lebendigen Strom ohne die innere Bewegung des Saftes, nie die Wechselwirkung der Kügelchen unter einander, ohne eine gleichzeitige Fortbewegung der ganzen Saftmasse in dem Gefäß. Beide Bewegungen des Saftes sind also nothwendig durch einander bedingt, die eine ist nicht für sich da, sondern nur mit der andern zugleich.

Zweiter Abschnitt.

A. Vergleichung der Saftbewegung in der *Chara* mit der im Schöllkraut.

§. 12.

Wenn Corti die von ihm entdeckte Cirkulation des Saftes in der *Chara* richtig beschrieben hat; so ist diese von der die ich im Schöllkraute sehe, himmelweit verschieden. Ich habe seine Versuche an der *Chara flexilis* wiederholt, aber das Strömen des Saftes in dem hellsten Lichte und unter dem besten Mikroskop, bei einer tausendmaligen Vergrößerung, nicht so deutlich erkannt, daß ich aus der Natur eine vollständige Vorstellung dieser Bewegung hätte entlehnen können, und bewundere in sofern die Genauigkeit Corti's mit der er ein so verstecktes Phänomen entdeckt hat; allein ich habe mich doch überzeugt daß seine Beschreibungen nicht richtig sind. Er spricht von Hauptgefäßen die in der Mitte und Nebengefäßen die an der Seite verlaufen

und sagt daß sich der Saft, der aus Kügelchen bestehe, die in einer weissen Lymphe umherschwimmen, und die er auch, auf der 2ten und 3ten Figur der dritten Tafel in seinem Buche, als von einander abgesondert und ruhig schwimmende runde Körperchen in den Gefäßen abgebildet hat, sich nur in abgeschlossenen Kreisen in den Internodien bewegt, (daselbst *Taf. 3. Fig. 2, 3 und 12*) ohne nachzuweisen wie der Saft aus dem unteren Internodium in das obere kommt und umgekehrt. Was das in der Mitte laufende Hauptgefäß betrifft so muß ich bemerken, daß der Stengel der *Chara* in der Mitte ganz hohl ist und daß in der, diese Höle bildenden zylinderförmigen Substanz rund herum lauter gleich große Röhren verlaufen. Legt man einen Stengel unter das Mikroskop, so sieht man oben, in der Mitte des Objekts, man drehe den Stengel auf welche Seite man will, einige solche der Länge nach etwas gewunden verlaufende Röhren, an deren einer Seite der Saft in der Tiefe aufsteigt, sich innerhalb des Raumes dieser Röhre, oben, wo sie an das Internodium gränzt und durch einen kleinen Bogen verschlossen erscheint, in einem Halbkreise umkehrt, um an der andern Seite wieder abzustiegen. Die Saftkügelchen scheinen in diesen Strömen auch bei der hellsten Beleuchtung sich nicht gegen einander zu bewegen. An den Seiten des Stengels sehe ich nun zwar daß die Saftkügelchen durchaus in derselben zitternden Bewegung erscheinen, wie im *Che-
lidonium*, aber hier kann ich wieder die Begränzung

des Stroms in dem hellen Lichte nicht erkennen, obgleich unverkennbar zu sehen ist, daß die Bewegung über das Internodium hinaus gradezu in die Blätter übergeht. Bedenkt man nun daß der Bau des Stengels in seiner ganzen Rundung auf allen Punkten gleich ist und daß, wenn man ihn aus seiner ersten Lage halb um seine Axe dreht, nun der Theil, den man erst an den Seiten sah, oben ist, und umgekehrt der obere Theil an der Seite, daß aber alles wieder wie zuvor aussieht, so muß man gestehen daß hier die Bewegung ganz anders erscheint als sie wirklich ist und die Sache noch einer genaueren Untersuchung bedarf; besonders da Corti sich über den Lebensproceß in der Pflanze überhaupt weiter gar nicht erklärt hat.

B. Ueber das Aufsteigen der rohen Flüssigkeiten in den Spiralgefäßen.

§. 13.

Die Bemerkung daß in den Spiralgefäßen der Schoten eine weiße, durchsichtige, in Kügelchen geformte Masse zu sehen ist, und daß die Spiralgefäße in so sehr großer Zahl in der Wurzel bis in die kleinsten Verzweigungen vorhanden sind; ferner der gänzliche Mangel aller sichtbar zuführenden Theile in der Pflanze in denen der rohe Nahrungstoff aufgenommen und zubereitet wird, damit der eigenthümliche Saft aus ihm entstehe, verleiteten mich zu der Vorstellung daß vielleicht das Ingestions- und Assimilationsorgan der Pflanzen in den Spiralgefäßen

zu suchen sei. Die bekannte Erfahrung das gefärbte Flüssigkeiten in die Spiralgefäße quer abgeschnittener Stengel aufsteigen, das Vorkommen einer so großen Menge von Luftorganen außer den Spiralgefäßen in den Pflanzen und folgende andere Gründe machten es mir unwahrscheinlich das die Spiralgefäße Luftorgane; wahrscheinlich das sie die Nahrung einsaugenden Gefäße der Pflanze seien. — Die Spiralgefäße saugen gefärbte Flüssigkeiten nur unter solchen Umständen begierig ein, unter denen überhaupt die Einsaugung durch die Wurzel vermehrt sein muß. Welche Pflanzen erfüllen ihre Spiralgefäße schneller als recht frische; bei heißem trocknen Wetter saugen sie viel früher ein als bei nasser Luft, oder in dunkeln Kellern; ist die gefärbte Flüssigkeit kühl, so wird sie viel lebhafter aufgenommen als wenn sie noch etwas warm ist. Nach Herrn Professor Link's Versuchen verwelkten die Blätter schon nach einigen Stunden, wenn er das Holz mit den Spiralgefäßen entfernte und nur der Zweig noch durch die Rinde mit dem Stamme zusammenhing; so das keine Nahrung ihm Zufließen konnte. Hingegen blieben andere Zweige, denen die Rinde ganz genommen war grün. Ich selbst habe einen Fall beobachtet wo der Stamm einer alten Buche, der wenigstens einen Durchmesser von zwei Fuß hatte, rings herum auf ohngefähr einen Fuß Länge, von der Rinde, im Frühlinge durchaus entblößt wurde, ohne das dies auf die Vegetation des Baumes in dem folgenden Sommer einen bedeutenden Einfluss ge-

habt hätte; es erzeugte sich sogar an der verwundeten Stelle neue Rinde. Im folgenden Frühjahr wurde die Rinde wieder rund herum abgehauen und in diesem zweiten Sommer erst wurden die Blätter schon im Juny gelb, fielen ab und der Baum starb. Hier konnte also unmöglich durch den Bast der Rinde Nahrung zugeführt werden, sondern der Baum wurde durch die Spiralgefäße des Holzes ernährt. Herr Geheime-Rath Rudolphi schnitt von einem Zweige eines Pflaumenbaums die Rinde ab und noch nach 110 Tagen war der Zweig ganz frisch. (S. dessen Anat. d. Pfl. S. 230).

Die Voraussetzung daß die künstlichen Anfüllungen der Spiralgefäße durch die Wurzel in der zu fremdartigen Beschaffenheit der zum Einsaugen bestimmten Flüssigkeiten seinen Grund haben möge, munterte mich zu neuen Versuchen auf.

Nachdem ich also alle die beschriebenen Versuche über die Bewegungen des eigenthümlichen Saftes gemacht und zur eignen Bestätigung unzählige Male wiederholt hatte, ging ich zu prüfenden Versuchen über die Haltbarkeit oder Unhaltbarkeit meiner so eben geäußerten Vorstellung über die wahre Funktion der Spiralgefäße über.

Es schien mir durch Versuche zu zeigen nöthig, daß die gefärbten Flüssigkeiten durch die unverletzte Wurzel der Pflanze wirklich von den Spiralgefäßen aufgenommen und zur Assimilation in die ganze Pflanze vertheilt würden um zu dem eigenthümlichen Saft der Pflanze umgeschaffen und übertragen zu

werden. Frühere mißlungene Versuche dieser Art schreckten mich nicht ab, indem ich glaube daß die adstringirenden Stoffe, die man zur Färbung der Flüssigkeiten anwendete, die natürlichen Eingänge so zusammengerben, daß dadurch für die Wurzel das Einsaugen solcher Flüssigkeiten unmöglich wird, denen kaum nur durch die quer durchschittenen größeren Oeffnungen der Spiralgefäße des Stengels der Eintritt gestattet ist. Es kam also darauf an die Versuche mit milderer Färbestoffen anzustellen, welche durch die fremdartige adstringirende Wirkung die einsaugenden Gefäße nicht gegen ihren Eintritt verschliessen. Die bekannte Erfahrung daß die Wurzel der Färberröthe so leicht von der thierischen Organisation assimilirt wird und so tief in die Textur der Organe eingeht, daß die ganze Knochensubstanz davon gefärbt wird, brachte mich hier auf den Gedanken das die Färberröthe wahrscheinlich auch ebenso die lebenden Pflanzen durchdringen werde; und meine Vermuthung wurde durch die Versuche die ich damit angestellt habe bestätigt. Ich will solche samt ihren Erfolg hier erzählen.

§. 14.

Ich goß auf ein Paar Hände voll zu Pulver zerstoßener *rad. Rubiae tinctorum* so viel siedend heisses Wasser unter beständigem Umrühren, daß das Ganze ein dünner Brei wurde und filtrirte von diesem durch Löschpapier die schon dunkelroth gefärbte Flüssigkeit nach dem Erkalten ab. In diese

erkaltete Flüssigkeit stellte ich nun einige, behutsam frisch aus der Erde gegrabener Schöllkrautpflanzen mit ihren Wurzeln die zuvor mit kaltem Wasser etwas ab gespült waren, so, daß nur die Wurzeln, so weit sie in der Erde gestanden hatten, aber nichts vom Stengel der Pflanze in der färbenden Flüssigkeit stand. Einige andere Schöllkrautpflanzen verpflanzte ich, nachdem sie wie die vorigen aus der Erde genommen und gereinigt waren, in eine aus heißem Wasser und Krapp (gepulverter Färberröthe) gemachten aber ganz wieder erkalteten Brei, eben so wie man Pflanzen aus einem Erdreich in das andere verpflanzt. Beides stellte ich an einen kühlen Ort hin. Nach 24 Stunden untersuchte ich zuerst die Wurzeln nachdem ich sie zuvor mit Wasser recht oft ab gespült hatte. Ich fand die Spiralgefäße, sowohl der Pflanzen die in der Flüssigkeit als auch der andern die in dem Brei gestanden hatten, durchaus ganz mit der rothen Flüssigkeit erfüllt; zugleich aber auch das umgebende Zellgewebe röthlich; aber der gelbe Saft zirkulirte in seinen Gefäßen ruhig und ungetrückt fort, wie man dies in den feinen Aesten unter dem Mikroskop sieht, ja in den etwas dickern Aesten ist nicht einmal das Zellgewebe geröthet. Sehr schön lassen sich alle die größern Bündel, die dem bloßen Auge schon ganz roth gefärbt erscheinen, darstellen, wenn man vom Stamm der Wurzel aus, das umgebende Zellgewebe mit den eignen Saftgefäßen von den Spiralgefäßbündeln, welche zusammen genommen die ganze Wurzel mit allen

ihren Verzweigungen wieder im verjüngten Maſſtabe darstellen, lospräparirt und so die Spiralgefäſſe gleichsam ſcelettirt. Hält man ein ſolches Spiralgefäſſſcelett im natürlichen Zustande mit einem injicirten zusammen, so iſt das eine ganz roth, das andere grauweiſs und man ſieht daſs an dem oben quer abgeſchnittenen Stamm nach einem gelinden Fingerdruck, aus den offenen Mündungen der injicirten Spiralgefäſſe eine rothe, aus denen die ſich im natürlichen Zustande befinden, eine faſt wasserhelle doch etwas opake Flüſſigkeit hervorquillt. Noch mehr überraschte mich die Unterſuchung des Stammes der Zweige, Blätter und der übrigen Theile. Alle ihre Spiralgefäſſe waren mit der rothen Flüſſigkeit angefüllt, ins Zellgewebe durchaus nichts übergetreten und neben ihnen gingen die gelben Saftſtröme ruhig ihren Gang fort. Eine ſchöne Erſcheinung; man erkennt jedes Spiralgefäſs beim erſten Anblick durch die rothe Farbe, ſieht in demſelben aber nur Ruhe, während in der Umgebung die flimmernden Ströme durch die gelbe Farbe recht grell und deutlich dagegen abſtechen. Daſs an irgend einer Stelle die rothe Flüſſigkeit aus den Spiralgefäſſen entweder ins Zellgewebe oder in die eigenthümlichen Gefäſſe übergetreten wäre, habe ich ſelbſt 48 Stunden und drüber nach der Einſaugung nicht geſehen. Selbſt in den feiſten Blattrippen iſt er immer noch in den Spiralgefäſſen. Hier ſcheint ſich indessen ſeine Farbe allmählig in eine viel blaſſere zu verwischen, jedoch keinesweges dadurch daſs ſich ſolche auch

in den gelben Saft vertheilte, denn dieser behält immer seine natürliche Farbe; sondern wahrscheinlich geht sie durch den Assimilationsproceß Veränderungen ein. Die mildere weniger fremdartige Flüssigkeit wird also durch die Spiralgefäße der Wurzel unzweifelhaft auf lebendige Weise, so wie der Milchsaft von den Milchgefäßen der Thiere eingesogen und es ist nicht abzusehen wo andersher noch Nahrungsstoffe in die Pflanze kommen sollten als durch sie.

Die fibrösen Röhren enthalten selbst in der Wurzel schon einen sehr zubereiteten Saft der also nicht unmittelbar aus der Wurzel eingesogen sein kann. Auch färben sich diese fibrösen Röhren nie bei künstlichen Einsaugungen sogleich, sondern nur durch Mittheilung aus den Spiralgefäßen. Wenn schon das ganze Holz von Färbestoffen durchdrungen ist, sind die fibrösen Röhren noch ungefärbt, wenn die Injection nicht in das Parenchym der Blätter drang und von hier aus in sie überging. (Moldenhauer a. a. O. S. 56). Adstringirende Dinge aber ziehen die Gefäße so zusammen daß sie meist nicht von ihnen eingesogen werden, weil sie ihnen fremdartig sind.

§. 15.

Hierher gehört noch das was Herr Geheime-Rath Rudolphi in seiner Anatomie der Pflanzen und Herr Professor Moldenhauer in seinen Beiträgen zur Anatomie der Pflanzen über die in den Spiralgefäßen enthaltenen Flüssigkeiten schon gesagt haben,

und es ist zu bewundern daß sich gegen die vielen Beweise welche bisher geführt sind, noch die Meinung hat erhalten können, daß Luft in ihnen vorhanden sei. Wahrscheinlich ist man dadurch irregeleitet daß man früher voraussetzte sie führen den eigenthümlichen gefärbten Saft der Pflanzen, was freilich nicht der Fall ist, da die in ihnen eingesogenen Stoffe, wahrscheinlich immer, farbenlos sind, Selbst Herr Profassor Link der in den Nachträgen zu den Grundlehren der Anatomie und Phys. der Pflanzen behauptet hat, die Spiralgefäße führen Luft und seine Meinung allerdings mit mehreren Gründen unterstützt, ist in der Abhandlung selbst, über die Funktion der Spiralgefäße Saft zu führen nicht in Zweifel (S. 75) nur sollen sie, wenigstens nicht in den Zwiebelgewächsen den Saft geradezu aus der Erde einsaugen. Derselbe sah zur Bestätigung seiner Meinung in einem ältern Stamme von *Euphorbia Caput Medusae* Spiralgefäße mit einem braunen Saft erfüllt (S. 82). Und Seite 86 meint derselbe der Saft erleide in den Spiralgefäßen durch die wahrscheinlich immer in ihnen enthaltene Luft eine Veränderung.

Dritter Abschnitt.

Von den Ursachen der Bewegung des Saftes.

§. 16.

In den Thieren wird die Masse des Bluts einmal von einem Centralpunkte aus durch eine ihm äußere Gewalt in die Peripherie ihres Körpers ge-

trieben und von da wieder zurück nach dem Mittelpunkte hingezogen; so daß man hier ohne Zweifel sagen kann, daß wenigstens in den größern Gefäßen seine Bewegung eine mitgetheilte ist. Daß das Blut aber auch seine eignen Bewegungen habe, zeigen mir meine Beobachtungen unbestreitbar, denn es strömt noch in den Haargefäßen nachdem aller Impuls des Herzens aufgehoben ist, und die Bewegungen seiner Urtheile sind gar nicht zu verkennen. Man findet hier also zwei Ursachen der Bewegung, eine dem Blute äussere, mitgetheilte, eine zweite die seine eigene, innerliche ist. Wie ich mir das Zustandekommen des Lebensprocesses im Blute der Thiere durch diese Bewegungen vorstelle, darüber werde ich mich bei einer andern Gelegenheit erklären. Es liegt mir hier nur daran zu sehen ob in den Pflanzen etwas Analoges vorkomme.

Treiben, wie Moldenhauer zu glauben scheint, die Gefäße durch ihre Einschnürungen so wie er sie abgebildet hat, den Saft weiter? Corti disputirt schon darüber daß die äussere Gewalt der Gefäße, so wie Haller glaube, daß sie in den Thieren das Blut in den feinen Gefäßen forttreibe, die Ströme des Saftes nicht in Bewegung setzen könne, weil von dem Punkte des Druckes aus sich der Saft ja in zwei entgegen gesetzte Richtungen bewegen müsse. Ich muß hier hinzusetzen daß man von solchen Einschnürungen in den lebendigen Gefäßen die den Saft in der Bewegung enthalten durchaus eben so wenig wie von irgend einer andern Bewegung

das Mindeste sieht. Auch könnte dadurch der Saft unmöglich in eine so schnelle Bewegung, die an Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Haargefäßen der Thiere nicht nachzustehen scheint versetzt werden; und würde er dies, so müßte die Bewegung stofsweise, dem periodischen Druck der Gefäße auf den Saft correspondirend, sein; davon sieht man aber ebenfalls gar nichts. Zusammenschnürungen der Gefäße können also die Ursache des Strömens nicht sein.

Andere sprechen von einer eigenen Kraft, von einer Propulsionskraft wodurch sich die lebendigen Flüssigkeiten selbst forttreiben; weil sie einsehen daß man beim Erklären dieser Phänomene mit solchen äußerlichen Verhältnissen nicht ausreicht. Und diejenigen welche von solchen Kräften die Bewegung ableiten, sind ohne Zweifel dadurch, daß sie solche als eigne und immanente Bestimmungen, wenn gleich auf eine unmittelbare Weise, sich vorstellen viel weiter gekommen. Sie entlassen dadurch die rein mechanischen Vorstellungen aus dem Gebiete der Physiologie und befestigen den Satz, daß das was lebt sich selbst von innen heraus bewege und daß nur das todte von aussen bewegt werde. In der Unmittelbarkeit aber in der man sich die Sache bis jetzt vorgestellt hat, sind die gegebenen Bestimmungen weiter nichts als negative, sie sagen bloß aus durch welche Ursachen die Bewegung nicht geschehe, nämlich nicht durch äußere; aber die positiven innern Bestimmungen wodurch sich der Saft bewegt,

sind in der dunkeln Vorstellung von Kraft verschlungen und bisher nicht ausgesprochen worden, weil sie nicht durch Erfahrung erkannt worden sind. Man denkt sich die Kraft als ein dunkles Etwas, das hinter der Materie liege und diese gleichsam vor sich her treibe; man sagt sie sei bloß aus ihren Wirkungen zu erkennen sie selbst aber bleibe uns verborgen; freilich ist bis jetzt das Urtheil der Kraft die den Saft bewegt verborgen gewesen, weil man ihren Aeufserungen nicht recht zugesehen hat. Aber ebendarum ist es bis jetzt nicht verstanden worden, wie sich denn durch die Kraft ein Saftstrom bewege. Man hat dadurch daß man sagt der Saft bewege sich durch eine eigene Kraft, weiter nichts ausgedrückt und auch nichts ausdrücken wollen und können, als dies, daß er sich durch eine eigene in ihm selbst liegende Ursache bewege und nicht durch äussere Ursachen bewegt werde. Wie aber diese innere Ursache die Bewegung zu Stande bringt, davon ist ganz und gar nicht geredet worden.

§. 17.

Wenn man die Begriffe von Kraft und Aeufserung, von Ursache und Wirkung überdenkt, so findet man, daß sie Verhältnisse sind, die untrennbar dastehen und von denen das eine immer eben so sehr zugleich das andere ist, als beide eins sind; sie werden nur durch die Reflexion des Verstandes, so in ihrem isolirten Gelten erhalten; in ihrer Wahrheit aber erkennt sie die Vernunft als Eins; ein Verhält-

nifs dessen beide Seiten nur als Inneres und Aeufseres unterschieden sind. Ihre Identität ist erfüllt, der Inhalt, als die in der Bewegung der Kraft gesetzte Einheit der Beziehungen, welche die unterschiedenen Theile unter einander haben, um zu einem Ganzen durch eine innere Macht, durch eine Kraft zusammengehalten zu werden. Dies Innere hat aber gar keinen andern Inhalt als das Aeufsere was uns erscheint, es erscheint uns nichts was nicht im Wesen, im Innern ist, und es existirt nichts Inneres was sich nicht offenbart. Es ist ein Irrthum der Reflexion wenn man die Kraft oder das Wesen nur als etwas Inneres betrachtet, denn so genommen ist grade diese Betrachtung rein äusserlich, die Kraft eine leere äufsere Abstraktion, von der man auf keine vernünftige Weise zu ihrer Aeufserung, ihrer Wirklichkeit kommen kann. So bleibt Beides unverständlich, man sieht die Nothwendigkeit ihres Zusammenhanges nicht ein.

Sie, die Kraft, ist nicht hinter oder jenseits der Erscheinung, sondern sie erscheint indem sie selbst sich äussert, sich zur Objectivität fortbestimmt und was sich äussert ist das kräftige, lebendige, inhaltvolle Wesen, ausser welchem weiter nichts da ist.

Anm. In sofern die bestimmte Natur der Kraft endlich, ihr Verhältnifs aber in den noch abstrakten Beziehungen unendlich ist; so lässt sich freilich die Nothwendigkeit des Zusammenhanges und Ursprunges, welche sie verlangt, nicht aufzeigen. Die Kraft erscheint selbständig, zugleich ist sie aber endlich, sie bedarf einer Sollicitation von aussen zu ihrer Aeufserung, es giebt eine Grenze an der sie aufhört. Diese Endlichkeit muss Bedingungen haben die noch ausser der Kraft liegen, welche die-

dieserhalb in ihr nicht erkannt sind. Daher ist von dieser Seite die Natur der Kraft allerdings unbekannt.

§. 18.

Welches sind denn nun aber die unterschiedenen Momente oder die Urtheile durch deren Beziehung auf einander die Bewegungen in dem Saft der Pflanzen hervorgebracht werden, welche Verhältnisse haben sie, wodurch sie sich auf einander Beziehen und in dieser Beziehung auf einander das bewegte Ganze darstellen?

Es sind die Kügelchen des Saftes welche sich wie die Beobachtung zeigt, durch einen fortgesetzten Proceß in ewiger Wechselwirkung unter sich und mit den Gefäßen erhalten. Sie sind in immerwährender Attraktion zu einander und Repulsion von einander, in einer unaufhörlichen Spannung die sich immer wieder neutralisirt; aber das Product ist wieder ein lebendig Gespanntes, scheidet sich von Neuem in Theile, die sofort mit andern ebenso wieder zusammengehen. Es ist ein ewiger Differenzirungs- und Indifferenzirungsproceß, der so lange das Ganze, das Leben, nicht erlischt, nie zur Ruhe kommen kann. Der Lebensproceß reproducirt sich selbst wieder, bringt seine Bewegungen in dem Kreise seiner Selbstständigkeit durch seine eigene Macht wieder hervor sobald sie zur Ruhe kommen wollen. So wie die Kügelchen des Saftes unter sich, so ist zugleich der ganze Strom des Saftes mit dem Gefäß in Wechselwirkung. Wie ich beobachtet habe, bewegt sich der Strom nur wenn sich

auch die Kügelchen gegen einander bewegen und umgekehrt. Das Verhältniß ist also ein nothwendiges, durch das ganze Individuum, in jedem einzelnen Theil, durch die Spannung so gehaltenes, daß das harmonische Zusammenwirken der Theile, die durch den Proceß des Ganzen in sich selbst, nur übergehende sind, den Begriff des Ganzen realisirt.

Ich halte um diese sichtbare Attraktion und Repulsion für die wahren Bestimmungen, für das eigene immanente Urtheilen des bewegenden Processes, für die bewegende Seele des Fortgangs, wodurch sich der Saft selbst forttreibt und ich glaube daß durch diesen Gedanken die Natur der Kraft, die man fürs erste unmittelbar Propulsionskraft nannte, verstanden ist und daß über ihre Existenz nun gar kein Zweifel mehr vorhanden sein kann.

§. 19.

Indessen könnte man noch fragen, ob denn diese sichtbare lebendige Anziehung zwischen dem Saft und der Gefäßwandung die einzige Ursache des Strömens sei, oder ob noch außer dieser innern, eine außer dem Saft in den Gefäßen liegende, wie in den Thieren da sei, die die Bewegung unterstütze und befördere?

Die rohen Stoffe welche durch die Spiralgefäße der Pflanze eingesogen werden, sind noch unorganisirt, und können nicht eher, so wie der gelbe eigne Saft im Schöllkraut, mit den Gefäßwandungen in lebendige Wechselwirkung treten, als bis sie assi-

milirt und organisirt sind. Sie haben noch keine eigene Bewegung, folglich muß eine äußere Ursache sie treiben, so lange bis sie eine selbständige Bewegung erlangen. Man ist hier gezwungen anzunehmen, daß entweder die Spiralgefäße sich ursprünglich mit den rohen Flüssigkeiten in lebendige Spannung versetzen, oder man muß das Einsaugen nach den Gesetzen der Capillaraction erklären. Der Bau der Spiralgefäße ist so fest, daß sich bei ihnen wohl ein Einsaugen nach diesen Gesetzen denken läßt und da es sichtbar ist, daß in den Spiralgefäßen gefärbte Stoffe langsam aufsteigen und daß die ungefärbten Flüssigkeiten in ihnen noch so indifferent und gleichartig sind, daß die Gefäße leer zu sein scheinen, so ist es mir wahrscheinlich, daß die Capillaraction das Aufsteigen des rohen Saftes in den Pflanzen allerdings unterstütze. Auch führen die Spiralgefäße, nach den Erfahrungen der Schriftsteller, die eingesogenen Flüssigkeiten in jede Richtung. Stellt man das obere Ende des Stengels in eine gefärbte Flüssigkeit, so wird diese ebenfalls eingesogen und nach dem Wurzelende zu geleitet. Jedoch kann man der Capillaraction allein auf keinen Fall die ganze Wirkung zuschreiben. Denn man sieht offenbar daß die Spiralgefäße wie die lymphatischen Gefäße der Thiere eine elektive Kraft haben, daß sie nicht alle Flüssigkeiten die ihnen dargeboten werden einsaugen, und daß sie die Flüssigkeiten, welche sie einsaugen, nicht unter allen Umständen und nicht in gleichem Maasse einsaugen. So werden die adstrin-

girenden Flüssigkeiten: Fernambuck-, Campeschenholzdekot etc. durch die Wurzel fast nie und durch die durchschnittenen Stengel nur in geringerer Quantität und viel langsamer eingesogen, als mildere Dinge durch die Wurzel eingezogen werden. Mir gelingt die Anfüllung der Gefäße mit Färberröthedekot, so wie ich es vorhin beschrieben habe, immer sehr schön; alle Spiralgefäße werden rasch und ganz angefüllt. Herr Geheimerath Rudolphi bemerkt, in seiner Anatomie der Pflanzen, daß ihm die künstlichen Anfüllungen der Spiralgefäße bei *Hypocoum procumbens* durch die Wurzel (mit dem Fernambuckdekot welches derselbe bei allen seinen Versuchen wählte) schön gelungen wären. Bei den übrigen genannten Pflanzen war die Einsaugung nur durch die Stengel gemacht. Also nur eine Pflanze unter vielen, wo ein adstringirendes Dekot durch die Wurzel völlig eingesogen wurde. Lebendige Beziehungen finden also dabei auf jeden Fall Statt, wenn man auf der andern Seite auch zugeben muß, daß die Capillaraction bei der Einsaugung ebenfalls thätig ist.

§. 20.

Daß man aber auch die Bewegung des eigenen Saftes in seinen Gefäßen aus der Wirkung der Capillarröhren erklären könne, läßt sich zwar gradezu nicht läugnen, weil es bis jetzt keine Erfahrungen giebt die dieser Voraussetzung widersprechen; wahrscheinlich ist es aber daß hier die lebendigen Ver-

hältnisse allein es sind, welche die Bewegung produciren. Die Wechselwirkung der Saftkügelchen unter sich und mit den Gefäßswandungen ist zu groß, der Proceß geht viel zu energisch und rasch von Statten, als daß noch an eine die Bewegung unterstützende Capillaraction zu denken wäre. Dazu kommt noch daß die eignen Gefäße einen bei weitem weniger derben Bau, als die Spiralgefäße, eine so nachgiebige Textur haben, daß sie sich zur mechanischen Leitung von Flüssigkeiten nicht eignen.

Ich halte also an der Vorstellung fest, daß höchstens in den Spiralgefäßen das Aufsteigen des rohen Saftes durch die Capillaraction unterstützt werde, daß sich der eigenthümliche Saft aber bloß durch die angegebenen lebendigen Beziehungen bewege.

Vierter Abschnitt.

Von dem Lebensproceß in den Pflanzen überhaupt.

§. 21.

Welches sind die unterschiedenen Theile in der Pflanze die bei der Vegetation in Wirksamkeit treten, und wie schliessen sich diese differenten Momente zur Individualität zusammen? Welche Bedeutung haben die einzelnen Organe und durch welche Verrichtungen tragen sie zum Leben des ganzen bei? Wodurch zieht die Pflanze ihre Nahrung an sich, wie und wo wird diese assimilirt, welches ist die assimilirte Substanz aus der sich das vegetabilische

Individuum wieder selbst reproducirt und wie geht diese Reproduction von Statten? Wie gehen die Se- und Excretionen vor sich und durch welche Organe, und welchen Zweck haben sie, welches ist ihre Bedeutung? Dies sind Fragen die beantwortet werden müssen, wenn eine Physiologie der Pflanzen entstehen soll; allein sie sind theils schwer zu beantworten, theils können sie für jetzt gar nicht beantwortet werden, so daß es vergebens scheint, daß man sich solche Fragen vorlegt, da selbst die Physiologie der Thiere nicht alle genügend beantworten kann. Indessen muß der Anfang gemacht werden und ich will versuchen ob ich zur Beantwortung einiger dieser Fragen etwas beitragen kann.

A. Von der Verdauung der Pflanzen.

§. 22.

Das Organ der Verdauung sind die Spiralgefäße; sie saugen die rohen Stoffe in der Wurzel ein, aus dem Element in dem sie wachsen, leiten diese in alle Verzweigungen des Stammes, assimiliren den Nahrungssaft, verwandeln ihn in den eigenthümlichen Saft, in das Blut der Pflanze und führen ihn in die eigenen Gefäße über, in denen der, im Schöllkraut und vielen andern Pflanzen von mir gefundene, Kreislauf, wie ich es beschrieben habe, zu sehen ist. Das lehren mir meine Beobachtungen und Versuche die ich zur Erforschung dieses Gegenstandes angestellt habe. Ich habe zwar nur wenig verschiedene Pflanzen zu meinen Versuchen angewendet, indessen

setze ich voraus, daß so wie durch das ganze Thierreich dasselbe Organ dieselbe Function hat, dies auch bei den Vegetabilien Statt finden wird und nur in dieser Voraussetzung spreche ich so allgemein; sonst könnte ich nur vom Schöllkraut und den wenigen andern Pflanzen reden, die ich zu meinen Versuchen angewendet habe; doch kann ich mich auch auf die Versuche berufen, welche von Schriftstellern schon angeführt worden.

Die längst bekannte Erfahrung daß die Spiralgefäße unter gewissen Umständen gefärbte Flüssigkeiten einsaugen, hätte schon die Physiologen überzeugen können, daß sie einsaugende Gefäße sind, wenn sie nicht immer durch die stumme Voraussetzung wieder davon abgekommen wären, daß in den Pflanzen nur einerlei Saft vorhanden wäre. Diejenigen welche behauptet haben sie führen Saft; haben sich nie an die Erklärung gewagt, was das für Saft sei den sie enthalten, welche Bedeutung er habe, welchen Zweck, und durch welche Eigenschaften sich seine Natur sogleich von der, der andern Säfte in den Pflanzen unterscheide. Darum wurden ihre Meinungen, von denen sie freilich selbst den wahren und ganzen Inhalt nicht wußten, für Hirngespinnste gehalten und man suchte sie dadurch zu widerlegen, daß der eigenthümliche Saft in ganz andern Gefäßen enthalten sei, welches allerdings in der Natur begründet ist und diejenigen von ihrem Irrthum überzeugt, welche glauben daß der eigenthümliche Saft in den Spiralgefäßen enthalten sei.

Aber es giebt ja eben so gut ihrer ganzen Natur nach von einander verschiedene Säfte, in den Pflanzen, als es verschiedene starre Theile giebt, welche verschiedene Zwecke haben, und man faßt den Begriff der Pflanze nicht eher, als bis man ihre innere Zweckmäßigkeit erfaßt hat; eben darum ist es nöthig, daß man die verschiedenen Säfte nach ihren innern Beziehungen und Verhältnissen zu einander unterscheide und zusehe, welche Zwecke sie haben. Dies kann freilich erst geschehen nachdem ihr Dasein an dem bestimmten Ort erwiesen ist.

§. 22.

Also kommt es auch hier zuvörderst darauf an, die Existenz einer rohen Flüssigkeit in den Spiralgefäßen der Pflanze zu zeigen. Das scheint schwer zu sein, da die in ihnen im natürlichen Zustande enthaltenen Stoffe durchaus noch gleichartig und fast wasserhell sind, so daß es scheint, sie sind leer oder mit Luft gefüllt, so wie es derselbe Fall ist mit einer feinen Glasröhre, die ganz mit Wasser angefüllt ist; hier sieht man auch nicht was sie enthält. Ich habe aber vorhin schon bemerkt, daß die in den Spiralgefäßen der Schoten enthaltene Flüssigkeit sich anfängt in Kügelchen zu formen, die man durch ihre weiße Farbe deutlich von dem gelben Saft unterscheiden kann. Sollten denn aber die künstlichen Anfüllungen der Spiralgefäße mit gefärbten Flüssigkeiten nicht schon hinreichen zu zeigen, daß sie einsaugende Gefäße sind, die immer einsaugen

und der Pflanze Nahrungsstoff zuführen? Ich glaube allerdings und ganz besonders dann, wenn man die Pflanze diese Flüssigkeiten mit der Wurzel so einsaugen läßt, wie ich es gemacht und beschrieben habe. Sollte denn die Pflanze mit luftführenden Organen nur dann Flüssigkeiten wässriger Natur einsaugen wenn sie gefärbt sind, die farbenlosen aber nicht? Sollten sie nicht auch eben so gut wie sie aus einem Brei von Färberröthe das roth gefärbte Wasser einsaugt und sich dadurch tagelang frisch und lebendig erhält, anderes, das grün oder gelb oder gar nicht gefärbt ist, eben so gut einsaugen? Welche Balsaminen die ich in ein Färberröthedekokt mit der Wurzel setzte, richteten dadurch, daß sie die rothe Flüssigkeit in ihre Spiralgefäße einsaugten, eben so rasch ihre Blätter wieder auf und waren und blieben frisch, als andere die man in reines helles Wasser setzt. Dasselbe geschah mit einer Basilikumpflanze (*Ocimum basilicum*) die ich in dem Blumentopfe, worin sie in Erde gepflanzt stand, mit Wasser begoß das ich mit *Coccionelle* gefärbt hatte. In den durchsichtigen Stengeln einer recht welcken Balsamine sieht man sogar das helle Wasser, womit man die Pflanze eben begossen hat, wenn man sie gegen das Licht hält, nach und nach in den Spiralgefäßen aufsteigen und die Pflanze dadurch erfrischen. Man kann ja auch aus dem Querschnitt des Stammes eines Spiralgefäßskeletts der Schöllkrautwurzel, in dem nichts Anders als Spiralgefäße sind, die lymphartige Flüssigkeit, welche sie eingesogen haben, aus-

drücken, eben so wie man dann, wenn die Pflanze roth gefärbte Nahrung zu sich genommen hat, aus demselben Schnitt rothen Saft ausdrückt, wie ich dies vorhin schon angeführt habe.

Zuletzt will ich noch aus Herrn Professor Moldenhawers Schrift folgende schöne Bemerkung anführen. Die Blätter des *Sphagnum obtusifolium*, des stumpfblättrigen Torfmoses, haben Spiralgefäße mit runden Oeffnungen. Der untere Theil des Stengels veraltet wenn die Pflanze heranwächst und die Blätter der hängenden Zweige vertreten die Stelle der Wurzel. Taucht man diese Zweige, deren Blätter sehr zahlreiche runde Oeffnungen der Spiralgefäße zeigen, in eine gefärbte Flüssigkeit, ohne daß der Stengel dieselbe berührt, so färbt sie schnell die Spiralgefäße des Stengels, dringt aus diesen in die Gefäße der Blätter und schwitzt so stark aus den runden Oeffnungen derselben, daß die ganze Oberfläche des Blattes mit der gefärbten Feuchtigkeit bedeckt ist. Da nun diese Pflanze bloß in sehr feuchten Standorten und besonders dann gedeiht, wenn die untern hängenden Zweige wirklich in Wasser getaucht sind, so ist es unläugbar, daß das Wasser in diesen Gefäßen eben so aufsteigen muß als die gefärbte Flüssigkeit, wie es auch die Beobachtung zeigt. Selbst dann wenn es der Pflanze an Wasser fehlt, halten die spiralförmigen Fäden ihre Röhren beständig geöffnet und allerdings wird in einem weniger nassen Standort die feuchte Atmosphäre, welcher diese Pflanze wenigstens bedarf, in die Oeff-

nungen der Röhrchen dringen, ihre wässrigen Theile an die Wände derselben absetzen und so den Mangel des tropfbaren Wassers ersetzen können (a. a. O. S. 329).

Also durch die Spiralgefäße nehmen die Pflanzen unzweifelhaft ihre Nahrung zu sich, die Erde in der sie wachsen ist ihr Magen, die Spiralgefäße ihr Darmkanal und ihre Milchgefäße. In diesen wird der rohe Nahrungsstoff assimilirt und zu dem eigenthümlichen Saft der Pflanze umgeschaffen; kurz der rohe Stoff in ihnen verdaut und dann in die eigenthümlichen Gefäße hingeführt.

B. Ueber die Verwandlung des Nahrungssaftes der Spiralgefäße in den eigenthümlichen Saft.

§. 24.

Geschieht die allmähliche Umwandlung des Nahrungssaftes in den eigenthümlichen Saft noch in den Spiralgefäßen, oder wird er als solcher nur höher organisirt in die eigenthümlichen Gefäße übertragen und in diesen erst in eigenthümlichen Saft umgeschaffen und wodurch geschieht dies?

In den Spiralgefäßen sieht man nirgends gelben Saft, sie leiten die Flüssigkeiten welche sie enthalten in alle Theile der Pflanze und es scheint als wenn er sich erst mit dem eigenthümlichen Saft vermische und dort völlig in die Natur desselben eingebildet werde. Wahrscheinlich geschieht dies in den Blättern durch den Zutritt der atmosphärischen Luft und die Pflanze athmet durch die Blätter. Ich habe nämlich schon

bemerkt, daß die größte Menge der Gefäße in den Blättern sich gar nicht so weit zertheilt, daß der Saft zur Ernährung verwendet werden könne, sondern daß er meist in den Netzen umherschulirt, ohne in die Blattsubstanz einzugehen und so auch wieder zurückgeht. Hier erleidet der Saft wahrscheinlich eine höhere Metamorphose und wird völlig dem gelben Saft angeeignet und zur weitem Ernährung der Pflanze geschickt gemacht. Ich stelle mir vor, daß hier die atmosphärische Luft mitwirkt und den Saft weiter organisirt, weil die ganze Oberfläche der Blätter der Luft ausgesetzt ist und man offenbar sieht, daß die große Menge von Saft, die in den Blättern auf eine ganz eigne Art zirkulirt, zu ihrer eigenen Vegetation nicht verbraucht wird. Ob indessen wirklich der Lebensproceß so vor sich geht, daß läßt sich nicht unmittelbar zeigen, weil es hier keine direkte Erfahrungen oder sonst Gründe giebt, die aus der Sache selbst genommen wären. Auf welche Art der Saft in den Blättern durch die Luft umgeändert werde, darüber darf man um so weniger eine Vermuthung die Wahrscheinlichkeit haben soll, wagen, weil dieser Proceß des Athmens uns selbst in den Thieren noch dunkel ist.

§. 25.

Indessen will ich die bisher hierüber gemachten Beobachtungen anführen. Die Nahrung welche die Pflanze aus dem Boden einsaugt, ist höchst einfach: kohlen saures mit Stickstoff verbundenes Wasser, in dem noch wenig extraktivstoffige Theile aufgelöst

sind, besonders aber ist die Kohlensäure die vorzügliche Nahrung der Pflanzen. Thau und Regenwasser düngen besser als Brunnenwasser, weil sie Kohlensäure enthalten. Man kann in ganz unauflöslichen Substanzen Pflanzen erziehen, wenn man sie immer mit kohlensaurem Wasser begießt. Der Dünger besteht aus thierischen mit Pflanzentheilen untermischten Dingen, durch deren Gährung sich Kohlensäure entwickelt. Durch das Umarbeiten des Bodens ziehen die extraktivstoffigen Theile Sauerstoff an, der mit ihrem Kohlenstoff Kohlensäure bildet. Asche (die kohlensaures Kali enthält) Mergel und besonders Kalk sind ganz vorzügliche Dünger weil aus ihnen der Vegetation Kohlensäure mitgetheilt wird. Auf dieser Erfahrung beruhen die Grundsätze der Landwirtschaft den Boden fett zu machen, mit Thon, Mergel, Dammerde zu düngen. Durch öfteres Umarbeiten des Bodens wird mehr Kohlensäure angezogen und durch solche Früchte, die viel Schatten geben zurückgehalten; daher gedeiht Getraide am besten auf Hackfrüchten: Kartoffeln etc. Indessen wirkt auch der Stickstoff zur Erhaltung der Pflanzen mit, der aus den thierischen Abgängen, aus Lehm, Thon unter Mitwirkung der Atmosphäre entsteht. Jedoch wird davon in der Mischung der Pflanzentheile nichts vorgefunden; die frischen Pflanzensäfte sind milde lieblich schmeckende Flüssigkeiten die nur Kohlensäure enthalten z. E. der im Frühjahr gewonnene Birkensaft. Die vegetabilische Organisation theilt diesen rohen Flüssigkeiten Leben mit, organisirt sie unter Mitwirkung der Luft und des Lichts, ohne

dafs wir die allmählichen Veränderungen verfolgen können. Dafs diese Veränderungen besonders in den Blättern vor sich gehen, zeigen die Beobachtungen welche über die Wechselwirkung der Luft mit den Blättern der Pflanzen gemacht sind. Die Blätter hauchen aus und saugen ein und Pflanzen die mitten im Wachstume ihrer Blätter beraubt sind sterben eben so gut wie Thiere ohne Lungen. Durch Raupenfrafs werden nur die Blätter der Pflanzen zerstört, aber der übrige Theil wächst nicht weil sein Procefs mit der Luft zu Ende ist. Dafs nun aber wirklich gas- und dunstförmige Theile von den Blättern der Pflanze eingesogen und ausgehaucht werden, darüber setzen uns Beobachtungen aufser allem Zweifel. Im Sonnenschein hauchen die Pflanzen Sauerstoff aus und saugen Kohlensäure ein, im Schatten und des Nachts saugen sie Sauerstoff ein und hauchen Kohlenstoff aus. Sperrt man einen grünenden Zweig unter eine mit Wasser gefüllte Glocke, so sammelt sich nach einiger Zeit das reinste Sauerstoffgas in ihr an. Das auch Kohlensäure ausgehaucht wird, erkennt man wenn man Kalkwasser nimmt, an den weissen Niederschlägen. Besonders viel Kohlensäure verbrauchen die Pflanzen durch Einsaugung im Sonnenschein, so dafs sie selbst den zwölften Theil des sie umgebenden Luftkreises an Kohlensäure verbrauchen. (Sprengel). Durch Flüssigkeiten welche die Blätter einsaugen erhalten sie sich wenn man sie auf Wasser legt, längere Zeit grün, und wie ich oben bemerkt habe, lebt der so eben erstorbene Kreislauf des Saftes in Blättern und

Schoten vom Schöllkraut wieder auf, wenn man diese Theile in kaltes Wasser legt. Die Pflanzen dünsten auch flüssige Theile aus, das sieht man an den Pflanzen in Treibhäusern und an zarten Pflanzen die unter Glasglocken aufbewahrt werden, deren Blätter am Umfange mit Tropfen kohlensauren Wassers benetzt sind. — Alles dies sind nun die Produkte und Resultate der innern lebendigen Veränderungen durch welche der Athmungsproceß zu Stande kömmt; wie aber die Wechselwirkung des Lebensprocesses der Pflanze mit Luft, Licht und Wasser vor sich geht, wie die innern Veränderungen durch die lebendigen Beziehungen der hierbei thätigen Momente geschehen, das wissen wir noch nicht. Wir wissen bloß, daß wo diese Veränderungen nicht vor sich gehen können, z. E. beim Raupenfraß, die Vegetation untergeht, daß sie also zu ihrer Existenz nothwendig sind. Ob aber das kohlensaure milde Wasser, was die Pflanzen einsaugen, theilweise wieder ausgehaucht, oder ob es in die Substanz der Pflanze eingeht und von Neuem Kohlensäure gebildet wird, durch welchen Proceß der Sauerstoff der ausgehaucht wird hervorgebracht wird, welche Veränderungen der Saft der Pflanzen durch diesen Proceß erleidet, ob ihm etwas zugemischt oder ob von ihm etwas abgeschieden wird oder ob beides zugleich geschieht, was ihm zugemischt oder was von ihm abgeschieden wird, davon wissen wir durchaus noch nichts und es bleibt hier also noch sehr viel zu beobachten übrig, ehe wir den Begriff der Pflanze erfassen können.

C. Von der Ernährung der Pflanzen durch den eigenthümlichen Saft.

§. 26.

Der eigenthümliche Saft, den man sich im Schöllkraut bewegen sieht, ist als das Blut der Pflanze anzusehen; er ist der bildende Stoff aus dem sich die Pflanze wiedererzeugt und wächst, er ist das lebendige Material, was selbst, auf sichtbare Weise, zu der Substanz crystallisirt, welche alle Theile der Pflanze bildet. Seine Bestandtheile, seine Kügelchen sind die Urtheile welche durch ihre Bewegungen der immanente Proceß sind, durch den sich die Vegetation zu ihrer concreten Substanz zusammenschließt, die uns in ihrer Unmittelbarkeit als Lebendiges erscheint.

Aus dem eigenthümlichen Saft werden die Sekrete der Pflanze bereitet, die verlornen Theile reproduziert, kurz er ist die selbstische inwendige Sonne der Vegetation, von der aus nach allen Seiten hin lebendige Produktionen wie Strahlen ausgehen.

Aber eben so sammelt er wieder lebendigen Stoff in sich, bedarf der Zufuhr von aussen zu seiner Existenz, zu seiner Ernährung, damit durch ihn wieder die Pflanze ernährt werden kann. Das Ganze muß in lebendiger Spannung erhalten werden, durch die allgemeine Beziehung wodurch die Pflanze von ihrem Boden abhängt, damit die einzelnen Theile wieder durch das Ganze bestehen können.

Erklärung der Kupfertafel.

Im Allgemeinen ist die Gestaltung des, in den Saftgefäßen enthaltenen, gelben Saftes zu bemerken. Man sieht an den sehr getreuen Abbildungen daß man eigentlich gar nicht sagen kann, der Saft bestehe aus Kügelchen, denn nirgends zeigen sich vollkommen gerundete Körperchen; sondern man sieht sie von der verschiedensten Gestalt, immer so daß mehrere im Begriff sind mit einander zu verschmelzen, oder sich zu trennen. Durch diese Uebergänge entstehen die mannichfaltigsten Formen der Safttheilchen, nach der Richtung, in der sie angezogen und abgestoßen werden. Nie sind sie in allen Punkten ihres Umfanges geschlossen, sondern überall zeigen sich Seiten, die mit andern in Berührung stehen. Meist ist in der Gestalt etwas in die Länge gezogenes, elliptisches, in weleher Richtung es auch sein mag. Indessen können hier wie überall auch die gelungensten Abbildungen die Anschauung der Natur selbst, nicht vollkommen ersetzen. Die Spiralgefäße sind mit *c*, die Saftgefäße mit *b* bezeichnet.

Die erste Figur

stellt ein vergrößertes Stück von einem Blatte vor. Die Spiralgefäße waren in den Präparate, wonach die Zeichnung entworfen ist, mit Färberröthedekokt angefüllt und sind deshalb roth. Die Saftgefäße welche sich netzförmig verbreiten, gelb. Von ihnen gehen nur wenige wie die mit *a* bezeichneten in die grüne Blattsubstanz über, welche sich zwischen den Gefäßnetzen befindet. Die meisten Verzweigungen verbinden sich unter einander wie die Aeste der Gorgonien und der Saft fließt aus ihnen wieder zurück. In den Theilungswinkeln der größern Bündel erkennt man die getrennten Saftgefäße zwischen welchen die Spiralgefäße verlaufen.

Die zweite Figur

ist ein vergrößertes Stück eines Kelchblattes. Hier verlaufen die Gefäße geschlängelt, *c* sind Spiralgefäße welche von Saftgefäßen umgeben sind; sie waren in dem Präparat nicht roth, nach welchem diese Abbildung gezeichnet ist. Man sieht das viele Saftgefäße sich in großen Bogen umkehren und zurückgehen. Das zwischenliegende Zellengewebe unterscheidet sich durch die eigne verschobene Form.

Die dritte Figur

ist eine Stengelschicht. Die Spiralgefäße sind mit rother formloser Flüssigkeit angefüllt; neben ihnen verlaufen die Saftgefäße mit dem gelben Saft. In *a* strömt aus dem querdurchschnittenen Objekt eine dicke Wolke gelben Saftes. *b* ist ein einzelnes im Zellgewebe verlaufendes Spiralgefäß. Zwischen den Gefäßbündeln liegt Zellgewebe.

Die vierte Figur.

Eine junge Schotenvalvel von oben angesehen. Die Zellen sechseckig. *a* sind kurze Uebergänge des Saftes aus den hin in die zurückführenden Saftgefäße, außerdem zeigen sich noch größere Anastomosen. In der Mitte verläuft ein Spiralgefäß. Die gelben Saftgefäße sind in dieser jungen Valvel noch in geringer Zahl vorhanden, in den reifen verlaufen sie dicht neben einander und das Ganze ist beinahe ein Wirrarr.

Die fünfte Figur.

Hier ist ein Stück von einer Wurzelfaser abgebildet. In der Mitte verläuft ein Bündel rother Spiralgefäße, an den Seiten im Zellgewebe die Saftgefäße mit dem gelben Saft.

Schultz-Schultzenstein, Karl Heinrich,

Über den Kreislauf des Saftes im Schöllkraute und in mehr andern Pflanzen

Berlin 1822

Phyt. 638 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10303258-8